

64'er
Sonderheft
Hardware für C 64 und C 128
SONDERHEFT 13
ÖS 100,-/sfr. 14,-
Lit. 12000/hfl. 18,-/dkr. 68,-
DM 14,-
Markt&Technik
64'er
Hardware
Hilfreiche Grundlagen
★ Elektronische Bauelemente verständlich erklärt
★ Von der Vorlage zur fertigen Platine
★ So löten Sie richtig
Preiswerte Meßgeräte im Selbstbau
★ Speicheroszilloskop mit Multimeter
★ IC-Tester
★ Frequenz-Zähler
Nützliche Bauanleitungen
★ Midi-Interface: Die Schnittstelle zur Musik
★ Lichtorgel mit allen Schikanen
★ 40 KByte RAM für die Floppy
★ Leistungsfähige ROM-Umschaltplatine
★ Entwicklungssystem für Ein-Chip-Mikrocomputer
Alle Layouts zum Heraustrennen auf Extraseiten



Selbst ist der Mann



Geld sparen durch Selbstbau heißt die Devise bei Elektronik-Bastlern. Aber das ist es nicht alleine. Wer sich in das Thema Computer-Hardware einarbeitet, kann sich mit etwas Phantasie und/oder Bauanleitungen das (Computer-)Leben mit einfachen Mitteln erleichtern und seinen C 64 zum hochgerüsteten Computersystem erweitern.

Da Hardware natürlich ein Thema ist, das nicht jeder beherrscht, bieten wir den Einsteigern unter Ihnen ausführliche Kurse zu diesem Thema.

Wir zeigen Ihnen, welche Werkzeuge man zum Arbeiten benötigt und welche sinnvoll sind. Zwei praxisbezogene Kurse befassen sich mit der Herstellung von Platinen und dem richtigen Umgang mit dem Lötkolben. Welche Bauelemente auf elektronischen Schaltungen zu finden sind, wie sie aussehen und welche Funktionen sie haben, erklären wir so detailliert wie möglich.

Ein weiterer Kurs zum Mitmachen zeigt Ihnen anhand eines Beispiels zum Nachbauen, wofür in der Computertechnik Analog/Digital-Wandler benötigt und eingesetzt werden. Als besonderen Leckerbissen finden Sie einen Kurs, der sich mit dem Selbstbau von Einchip-Mikrocomputern beschäftigt. Dazu finden Sie eine Bauanleitung für ein Programmiergerät, mit dem Sie sich Einchip-Mikrocomputer selbst programmieren können. Die notwendige Software ist natürlich ebenfalls dabei.

Meßgeräte sind unentbehrliche Werkzeuge für den Bastler. Sie helfen, Fehler zu erkennen oder Geräte abzugleichen. Wenn Sie sich fertige Instrumente kaufen wollen, müssen Sie eine Menge Geld auf den Tisch legen. Mit dem C 64 besitzen Sie jedoch schon das Grundgerüst. Ein wenig Hardware mit dazugepackt, und Sie erhalten Meßgeräte von ausgezeichneter Qualität. Deshalb bieten wir eine Auswahl an Schaltungen, die dem Computer-Bastler das Arbeiten erleichtern. Mit dem Multimeter etwa können Spannungen oder Pegelwerte wie auf einem Speicheroszilloskop dargestellt und ausgewertet werden. Der Wertbereich ist dabei frei wählbar.

Der IC-Tester hilft, defekte Funktionen von TTL-Bausteinen der Serie SN74xxx zu erkennen und diese Bausteine frühzeitig auszusondern. Wenn man sich nicht im klaren darüber ist, welche Pegel und Signale an welchen Kontakten einer RS232-Schnittstelle anliegen, ist mit dem Schnittstellentester gut beraten. Er hilft erkennen, welche Zustände an welchen Leitungen herrschen. Frequenzen oder Impulse zu zählen, ist ohne Hilfsmittel unmöglich. Ein Frequenzzähler kann diese Arbeit übernehmen. Er zählt die Anzahl der Impulse, die in einer bestimmten Zeit am Zählereingang eintreffen.

Zusatzgeräte, die die Leistung des Computers aufwerten, erfreuen sich einer immer größeren Beliebtheit. Wir folgen diesem Trend und präsentieren Ihnen eine Reihe von Schaltungen, die die Leistungsfähigkeit Ihres Computers erhöhen. Mit der EPROM-Bank läßt sich der ROM-Speicher des C 64 bis auf 256 KByte erweitern. Das bedeutet, daß man Programme nicht mehr mühsam von Diskette laden muß, sondern diese schon nach dem Einschalten parat hat. Wenn man 40 KByte mehr RAM für das Floppy-Laufwerk besitzt, das sich noch dazu universell einsetzen läßt, kann dies den Umgang mit der Diskettenstation sehr erleichtern. Sei es nun, um eigene Maschinensprache-Routinen laufen zu lassen oder das RAM als Pufferspeicher zu verwenden.

Die universelle Betriebssystem-Umschaltung gestattet es dem Anwender, verschiedene Betriebssysteme, Basic-Interpreter oder Modulprogramme je nach Lust und Laune in alle relevanten Bereiche des Speichers einzublenden.

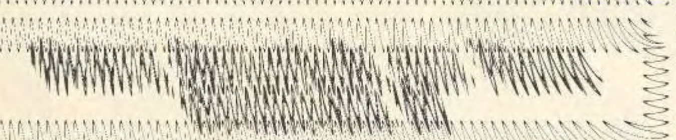
Das Sicherheitssystem schützt den Computer vor unbefugter Benutzung. Der C 64 läßt sich nur durch Eingabe eines Paßworts dazu bewegen, seine Arbeit aufzunehmen. Auch Lichtsteuerung läßt sich mit dem Computer realisieren. Die Lichtorgel steuert bis zu acht 220-Volt-Lampen an, die auch auf von außen angeschlossene Musikgeräte reagiert. Ebenfalls musikalisch und immer interessanter werdend ist das Thema MIDI. Lassen Sie Ihre Synthesizer doch einmal vom C 64 ansteuern. Sie werden erstaunt sein, welche Fähigkeiten Ihr Computer entwickelt, wenn ihm durch die MIDI-Schnittstelle das Tor zur Welt eröffnet wird.

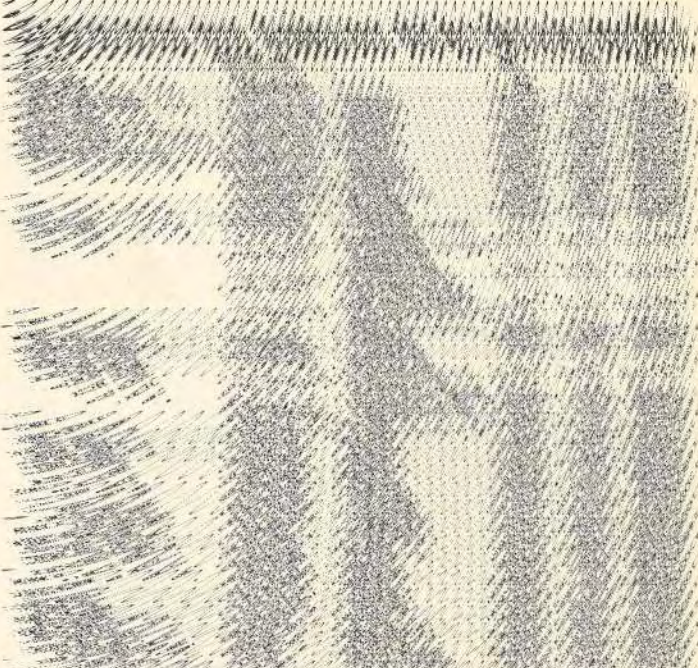
Eine wirkliche Arbeitserleichterung und Hilfe werden Sie am Ende dieses Sonderheftes finden: Alle Layouts sind auf besonders hochwertigem Papier gedruckt. Damit auch Transparentlack zur Herstellung der Platinenvorlage benutzt werden kann, ist die Rückseite frei geblieben.

Wenn Ihnen dieses Hardware-Sonderheft gefallen hat, dann scheuen Sie sich nicht, uns Ihre Meinung zu schreiben. Das gilt natürlich auch für kritische Gedanken. Zu diesem Zweck haben wir einen Umfragebogen entworfen, den Sie auf der nächsten Seite finden. Wir würden uns freuen, wenn auch Ihre Antwort mit dabei ist.

Dieter Meyer, Georg Klinge, leitender Redakteur


PROGRAMM-
SERVICE





Einleitung

Grundlagen

Bücher

Meßgeräte

Bauanleitungen

Sonstiges

Die Listings der Artikel, die mit einem ▪-Symbol gekennzeichnet sind, finden Sie auch auf unserer Programmservice-Diskette.

Was meinen Sie?

Mehr Hardware in der 64'er?

Wünschen Sie sich mehr Information zum Thema Hardware? Welche Bauanleitungen, Tips und Tricks sollen in kommenden Sonderheften enthalten sein? Machen Sie mit bei der Gestaltung Ihres 64'er-Hardware-Sonderhefts!

Das vorliegende Hardware-Sonderheft war ein Wunsch vieler unserer Leser. Ihre Stimme hat dazu beigetragen, daß das Thema Hardware in diesem 64'er-Sonderheft ein größeres Gewicht erhält. Heute können Sie mitentscheiden, ob und wie viele Sonderhefte dieser Art folgen und, wenn ja, welche Themen darin behandelt werden sollen. Schreiben Sie uns einfach mit dem nachfolgenden Fragebogen, was Ihnen besonders gut gefallen hat und was Sie vermißt haben. Es ist für uns besonders wichtig zu wissen, ob die Bauanleitungen verständlich genug waren und ob die abgedruckten Platinen leicht nachzubauen sind. Wenn Sie sich noch nicht lange mit Elektronik beschäftigen, teilen Sie uns mit, was Sie an Grundlagen zum Thema Hardware interessiert. Ihre Angaben werden ausschließlich in statistischer Form aufbereitet, eine personenbezogene Auswertung ist ausgeschlossen.

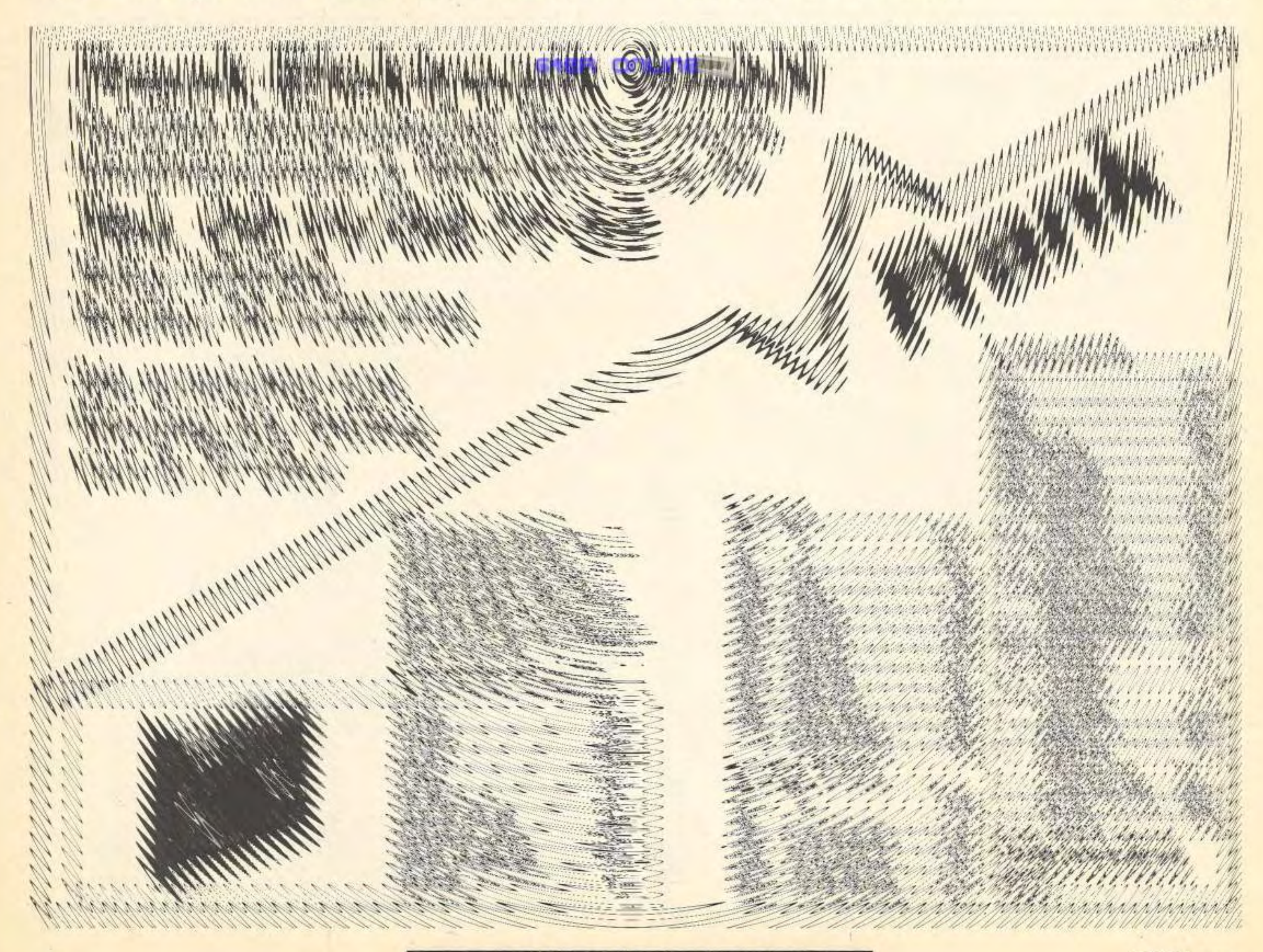
Ihre Meinung kann bei der Themenwahl für das nächste Sonderheft ausschlaggebend sein. Natürlich können wir nicht allen Anregungen und Wünschen nachkommen. Wir bemühen uns jedoch, möglichst vielen gerecht zu werden. Ein Beispiel halten Sie in Ihren Händen.

Wenn Sie aktiv an den 64'er-Hardware-Sonderheften mitwirken wollen, füllen Sie bitte den Fragebogen vollständig aus und senden diesen an:

Markt & Technik
Verlag Aktiengesellschaft
Kennwort: 64'er-Hardware-Umfrage
Hans-Pinsel-Straße 2
8013 Haar bei München

Senden Sie uns Ihren ausgefüllten Fragebogen bitte bis zum 15. Februar 1987 an uns zurück. Wenn Sie Ihr Heft nicht zerschneiden wollen, können Sie den Fragebogen selbstverständlich vor dem Ausfüllen kopieren.

Vielen Dank für Ihre Mitarbeit! (nj/aw)



Mehr Hardware in der 64'er?

Mehr Hardware in der 64'er?	1a. Wie interessant fanden Sie die einzelnen Beiträge in diesem Sonderheft?				1b. Wie schwierig fanden Sie die Artikel in diesem Sonderheft?				1c. Welche der abgedruckten Bauanleitungen werden Sie sich nachbauen (lassen)?		
	sehr	mittel	weniger	gar nicht	sehr	mittel	weniger	gar nicht	werde nachbauen	nachbauen lassen	würde gerne fertig kaufen
Unentbehrliches Werkzeug S. 8	☐ 01	☐	☐	☐	☐ 01	☐	☐	☐			
Platinenherstellung S. 11	☐ 02	☐	☐	☐	☐ 02	☐	☐	☐			
Fehlerfreie Schaltungen S. 15	☐ 03	☐	☐	☐	☐ 03	☐	☐	☐			
Lötkurs S. 16	☐ 04	☐	☐	☐	☐ 04	☐	☐	☐			
Testplatinen S. 21	☐ 05	☐	☐	☐	☐ 05	☐	☐	☐			
Elektr. Bauelemente S. 23	☐ 06	☐	☐	☐	☐ 06	☐	☐	☐			
Bücher S. 80	☐ 07	☐	☐	☐	☐ 07	☐	☐	☐			
DA/AD-Wandler S. 49	☐ 08	☐	☐	☐	☐ 08	☐	☐	☐	☐ 08	☐	☐
Ein-Chip-Mikrocomputer S. 58	☐ 09	☐	☐	☐	☐ 09	☐	☐	☐	☐ 09	☐	☐
Alleskönner (Multimeter) S. 83	☐ 10	☐	☐	☐	☐ 10	☐	☐	☐	☐ 10	☐	☐
TTL-IC-Tester S. 95	☐ 11	☐	☐	☐	☐ 11	☐	☐	☐	☐ 11	☐	☐
Frequenzen messen S. 103	☐ 12	☐	☐	☐	☐ 12	☐	☐	☐	☐ 12	☐	☐
RS232-Schnittstelle S. 105	☐ 13	☐	☐	☐	☐ 13	☐	☐	☐	☐ 13	☐	☐
256-KByte-Eprombank S. 111	☐ 14	☐	☐	☐	☐ 14	☐	☐	☐	☐ 14	☐	☐
Joystick-Verjüngungskur S. 120	☐ 15	☐	☐	☐	☐ 15	☐	☐	☐	☐ 15	☐	☐
Mehrere Diskettenlaufwerke S. 121	☐ 16	☐	☐	☐	☐ 16	☐	☐	☐	☐ 16	☐	☐
Elektron. Diskettenlocher S. 122	☐ 17	☐	☐	☐	☐ 17	☐	☐	☐	☐ 17	☐	☐
40 KByte RAM frei f.d.1551 S. 124	☐ 18	☐	☐	☐	☐ 18	☐	☐	☐	☐ 18	☐	☐
Resetschalter S. 128	☐ 19	☐	☐	☐	☐ 19	☐	☐	☐	☐ 19	☐	☐
Betriebssystem-Umschaltg. S. 129	☐ 20	☐	☐	☐	☐ 20	☐	☐	☐	☐ 20	☐	☐
Computer mit Paßwort S. 134	☐ 21	☐	☐	☐	☐ 21	☐	☐	☐	☐ 21	☐	☐
Lichtorgel C128 S. 138	☐ 22	☐	☐	☐	☐ 22	☐	☐	☐	☐ 22	☐	☐
Midi-Interface S. 149	☐ 23	☐	☐	☐	☐ 23	☐	☐	☐	☐ 23	☐	☐

2. Welche Beiträge haben Sie in diesem Sonderheft vermißt, was wünschen Sie sich für das nächste Hardware-Sonderheft?

Mehr Grundlagen ☐ 01 ______________________

Mehr Bauanleitungen für: und zwar:

Diskettenstation ☐ 02 ______________________

Datasette ☐ 03 ______________________

Drucker ☐ 04 ______________________

Monitor ☐ 05 ______________________

Joystick/Trackball/Maus etc. ☐ 06 ______________________

Schnittstellen ☐ 07 ______________________

Messen/Steuern/Regeln ☐ 08 ______________________

Erweiterungskarten ☐ 09 ______________________

Einplatinen-Computer ☐ 10 ______________________

Sonstiges ☐ 11 ______________________

3. Wie viele 64'er-Hardware-Sonderhefte würden Sie sich im Jahr kaufen?

eins ☐ 01 zwei ☐ 02 drei bis vier ☐ 03
fünf bis sechs ☐ 04 sechs bis neun ☐ 05 zehn bis zwölf ☐ 06
keins ☐ 07

4. Welche Computerzeitschriften mit Hardware-Schwerpunkt kaufen Sie selbst beziehungsweise lesen Sie regelmäßig?

	kaufen	lesen		kaufen	lesen
Elrad	☐	☐ 01	Funkschau	☐	☐ 02
c't	☐	☐ 03	Elektor	☐	☐ 04
MC	☐	☐ 05	Elo	☐	☐ 06
______________________				☐	☐
______________________				☐	☐

5. Wie schätzen Sie Ihre Fähigkeiten als (Hobby-)Elektroniker ein?

Anfänger ohne Vorkenntnisse ☐ 01
Anfänger mit Grundkenntnissen ☐ 02
Fortgeschrittener ☐ 03
Erfahrener Fortgeschrittener ☐ 04
Profi ☐ 05
Ist mein Beruf ☐ 06

6. Persönliche Daten

Alter: ______________

Geschlecht: männlich ☐ 01 weiblich ☐ 02

Beruf:
In Ausbildung ☐ 01 Arbeiter ☐ 02 Angestellter ☐ 03
Beamter ☐ 04 ltd. Angest. ☐ 05 Selbständiger ☐ 06
Freiberufler ☐ 07

Sonstiges: ______________________

Schulbildung: (Wenn Sie sich noch in Ausbildung befinden, geben Sie bitte Ihren nächsten Abschluß an)

Hauptschule ☐ 01 Realschule ☐ 02 Lehre ☐ 03
FH-Reife ☐ 04 Abitur ☐ 05 Studium ☐ 06

Bundesland: ______________________

Anschrift:

Name: ______________________

Straße: ______________________

Ort: ______________________

Ich bin damit einverstanden, daß die hier gemachten Angaben elektronisch verarbeitet werden. Die Daten werden ausschließlich in statistischer Form aufbereitet, eine personenbezogene Auswertung ist ausgeschlossen.

Wir danken für Ihre Mitarbeit

Unentbehrliches für Hobby-Elektroniker



Hier erfahren Sie, welches Werkzeug in ein Hobby-Labor gehört, denn ein richtig bestückter Werkzeugkasten erleichtert Ihnen den Nachbau von Bastelanleitungen und hilft bei der Fehlersuche und deren Behebung.

Daß man allein mit seinen Fingern keine Schaltung zusammenbauen kann, dürfte jedem klar sein. Nicht ganz so klar mag dem einen oder anderen jedoch sein, was nun eigentlich zur Mindestausstattung eines Elektronik-Hobby-Labors gehört. Wir möchten deshalb mit diesem Artikel den Anfängern unter Ihnen eine kleine Hilfestellung geben.

Das wichtigste Werkzeug ist der Lötkolben. Der Preis für gute Lötkolben liegt zwischen 25 und 30 Mark. Sparen Sie beim Kauf nicht, die Bauteile werden es Ihnen später danken. Wer etwas mehr Geld in der Brieftasche hat, kann sich für über 100 Mark natürlich einen elektronischen, temperaturgeregelten Lötkolben kaufen. Bei diesen Geräten wird die Temperatur des Lötkolbens immer konstant gehalten. Das Erzeugen kalter Lötstellen wird dadurch sicher vermieden.

Zum Löten ist natürlich auch Lötzinn notwendig. Kaufen Sie sich Lötzinn mit einem Durchmesser von 1 bis 1,5 mm. Dickeres Lötzinn ist zum Bestücken von Platinen denkbar schlecht geeignet. Der Lötdraht muß innen hohl und mit einem Flußmittel gefüllt sein. Wenn Sie Lötzinn kaufen, achten Sie bitte darauf, daß die Bezeichnung Elektronik- oder Radiolot auf dem Wickel steht und daß das Mischungsverhältnis 60:40 angegeben ist. Nur dieses Lötzinn hat die richtigen Anteile (Blei und Zinn). Sogenanntes Bastlerlot enthält zuviel Blei und säurehaltige Flußmittel.

Der Wickel mit Lötzinn sollte nicht zu klein sein. Eine Rolle mit 500 Gramm ist im Endeffekt billiger als ein kleiner 25-Gramm-Wickel.

Auch beim Lötwerkzeug sind aller guten Dinge drei. Ein Lötständer zur Ablage des Lötkolbens sollte in keiner Hobby-Werkstatt fehlen. Achten Sie darauf, daß der Ständer einen schweren Fuß hat, damit er nicht so leicht umkippen kann. Der Lötkolbenständer darf den Lötkolben nicht an seiner Spitze festhalten, da der Lötkolben sonst zu stark abkühlt und damit die Gefahr kalter Lötstellen heraufbeschworen wird. Sollten Sie zu Ihrem Lötkolben einen Salmiakstein mitgeliefert bekommen, dann verbannen Sie diesen möglichst schnell in eine unerreichbare Ecke. Er schadet nämlich bei Lötungen in Elektronikschaltungen mehr, als er nutzt.

Als weiteres notwendiges Werkzeug stehen verschiedene Zangen auf unserer Liste. Aus der großen Familie der Zangen sind vier für unsere Zwecke sinnvoll. Da ist zuerst einmal der Seitenschneider. Er dient hauptsächlich zum Abkneifen langer Drähte. Achten Sie auch hier auf Qualität. Viele Seitenschneider aus dem Billigangebot der Kaufhäuser sind schon nach kurzer Zeit schartig und nur noch als Ansichtsmodell zu gebrauchen. Scharten in der Schneide entstehen allerdings auch sehr schnell, wenn Sie den Seitenschneider überlasten, indem zu dicke und harte Drähte mit viel Kraft durchtrennt werden. Da der Seitenschneider auch häufig auf der

Platine eingesetzt wird, ist es sinnvoll, eine Miniaturausführung anzuschaffen. Falls Sie die schlechte Angewohnheit haben, die Anschlußdrähte erst nach dem Verlöten zu kappen, sollten Sie wenigstens einen dafür geeigneten Seitenschneider verwenden. Bei dieser Art von Seitenschneidern verläuft die Schneide nicht V-förmig, sondern jeweils eine Seite der Schneide ist gerade. Dadurch wird beim Schneiden keine axiale Kraft auf das Drahtende an der geraden Seite der Schneide ausgeübt. Die Gefahr, daß Leiterbahnen von der Platine abgerissen werden, ist dadurch wesentlich geringer.

Die zweite Zange, die Sie sich anschaffen sollten, ist eine kleine Flach- oder Rundzange. Sie dient als Hilfe beim Biegen von Anschlußdrähten. Außerdem kann die Flachzange zum Festhalten beim Löten (verbrannte Finger!) benutzt werden. Eine kleine Kombizange als Hilfsmittel für viele Dinge sollte auch in keiner Hobby-Werkstatt fehlen. Sie kann unter anderem zum Festhalten und Andrehen von Schrauben und Muttern benutzt werden.

Nicht unbedingt nötig ist die letzte der vier Zangen, die Abisolierzange. Sie dient eigentlich nur der Bequemlichkeit. Wenn Sie sich jedoch eine Abisolierzange kaufen, dann achten Sie darauf, daß sich der einmal eingestellte Drahtdurchmesser nicht von allein verstellen kann. Gewöhnen Sie sich auch nicht an, den Draht mit der Abisolierzange zu durchtrennen. Die Schneide ist nur für weiche Drahtisolierungen geeignet und würde durch den Gebrauch als Seitenschneiderersatz schnell stumpf werden. Sehr komfortabel, aber auch entsprechend teuer, sind Abisolierzangen, die sich automatisch auf die Drahtstärke einstellen.

Schrauben vernünftig festdrehen oder lösen kann man nur mit einem Schraubendreher. Halten Sie mehrere Größen davon zur Hand, da die Breite der Schraubendreherklinge immer an die Größe des Schraubenkopfes angepaßt sein sollte. Wenn Sie zu kleine oder zu große Schraubendreher verwenden, beschädigen Sie in den allermeisten Fällen Schraube und Klinge. Da öfters Schrauben mit Kreuzschlitz verwendet werden, ist es sinnvoll, zwei oder drei Kreuzschlitz-Schraubendreher in verschiedenen Größen anzuschaffen.

Sehr oft tritt eine Schraube mit ihrem Gegenstück, der Mutter, auf. Mehrere kleine Schraubenschlüssel zum Festhalten der Muttern sind deshalb angebracht. Die Größen 4 - 4,5 - 5 - 5,5 - 6 reichen für unsere Zwecke vollkommen aus.

Bohrer und Bohrmaschine

Eine Platine muß vor dem Bestücken mit Löchern versehen werden. Der normal Sterbliche verwendet dazu eine Bohrmaschine. Eine handelsübliche Bohrmaschine ist für den Einsatz als Platinenbohrmaschine aber ungeeignet, da sie zu schwer ist und ihr Bohrkopf Bohrer mit einem Durchmesser von 1 mm und darunter nicht mehr richtig fassen kann.

Wenn nicht sehr häufig gebohrt wird, dann reicht eine kleine Handbohrmaschine. Bequemer und schneller können Sie mit einer Miniaturbohrmaschine arbeiten. Diese gibt es mittlerweile in allen erdenklichen Ausführungen und Preisklassen. Damit die Bohrarbeiten zügig vorangehen, sollte die Leistung der Bohrmaschine mindestens im Bereich zwischen 10 und 20 Watt liegen, wobei eine höhere Leistung der Bohrmaschine sich immer in einer besseren Qualität der Bohrungen niederschlägt. Achten Sie auch darauf, daß der Bohrkopf stufenlos spannbar ist, sonst müssen Sie womöglich immer Einsatzwerkzeuge mit konstanter Schaftdicke kaufen. Dies kann vor allem beim Kauf von Bohrern recht teuer werden. Ein Vorteil der Minibohrmaschine ist, daß Sie sie auch für andere Zwecke, zum Beispiel für die Beseitigung der Rostflecken am Auto, verwenden können. Apropos Bohrer: Für das Bohren von Platinen brauchen Sie nur zwei Bohrergrößen, je einmal 0,8 mm und 1 mm. Die Bohrer sollten aus HSS-Stahl sein, damit sie nicht so schnell stumpf werden.

Weiteres nützliches Werkzeug

Zum Zurechtschneiden von Platinenmaterial in passende Stücke braucht man eine Säge. Dafür eignet sich eine Laubsäge hervorragend. Für die verschiedenen Arten von Materialien, die Sie mit der Laubsäge bearbeiten können, gehören dem jeweiligen Zweck angepaßte Sägeblätter. Zum Sägen von Platinen brauchen Sie ein Sägeblatt für Kunststoff. Wählen Sie eine nicht zu feine Zähnung des Blattes. Ein Metallblatt ist ungeeignet, da es sich wegen der feinen Zähnung schnell mit dem Sägemehl zusetzt und dann nicht mehr schneidet. Durch die feine Zähnung des Metallsägeblattes kommt man außerdem nur langsam mit der Arbeit voran. Ein Metallsägeblatt benötigen Sie, wenn für die Gehäuseherstellung Alubleche gesägt werden müssen. Alublech läßt sich leichter bearbeiten, wenn Sie Spiritus als Schmierflüssigkeit benutzen. Für verschiedene andere Arbeiten ist die Anschaffung einer kleinen Allzweckbügelsäge (Pucksäge) zu empfehlen.

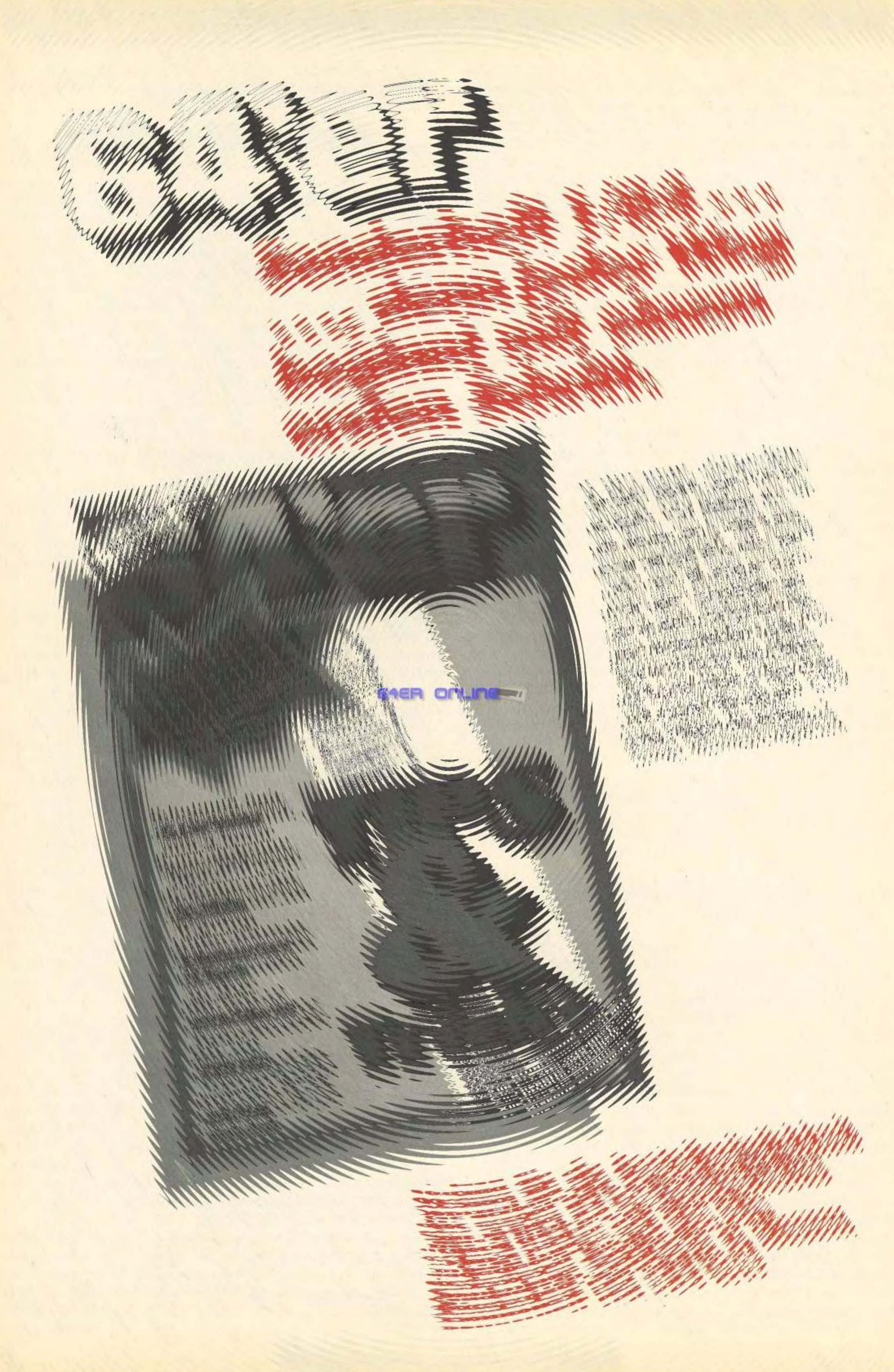
Wenn die Platinen ausgesägt sind, muß der beim Sägen entstandene Grat entfernt werden. Das läßt sich am besten mit einer kleinen Schlüsselfeile erledigen. Besorgen Sie sich einen ganzen Satz Schlüsselfeilen, da zum Bearbeiten von Gehäusen und zum Aufweiten zu klein gebohrter Löcher auch runde und dreieckige Feilen benötigt werden.

Zum Einsetzen empfindlicher MOS-ICs brauchen Sie unbedingt ein antistatisches Werkzeug. Spezielle IC-Greifer gibt es in zwei Größen. Diese Greifer sind entweder aus Metall oder einem antistatischen Kunststoff. Ganz komfortable Greifer haben eine eingebaute Feder, die dazu dient, das IC beim Auslöten automatisch aus der Platine zu ziehen.

Da beim Aufbau von Schaltungen natürlich auch Fehler entstehen können, muß für die Fehlersuche ebenfalls Werkzeug vorhanden sein. Ein Meßgerät ist daher wichtig für den Hobby-Bastler. Am Anfang reicht ein ganz gewöhnliches Vielfach-Meßinstrument. Das Meßinstrument darf nicht zu klein sein, da man Meßwerte auf einer zu kleinen Skala bestenfalls schätzen kann und ein geschätzter Meßwert taugt nun mal nichts. Zum besseren Ablesen ist eine Spiegelskala unbedingt notwendig. Achten Sie darauf, daß die Meßbereiche keinen zu großen Bereich überdecken. Zum genaueren Messen sind viele Bereiche besser. Etwa sechs bis sieben Bereiche pro Meßart sind nicht zu wenig. Das Meßgerät sollte einen minimalen Innenwiderstand von 20 Kiloohm pro Volt nicht unterschreiten. Hinsichtlich der Genauigkeit sind Meßgeräte der Genauigkeitsklasse 1 bis 3 ausreichend. Sehr schön und zur Zeit auch schon preisgünstig zu haben sind Meßgeräte mit digitaler Anzeige.

Ein Werkzeug, das in keiner Werkzeugsammlung fehlen sollte, ist die Entlötpumpe. Sie hilft beim Auslöten von Bauteilen aus Schaltungen. Eine Entlötpumpe sollte einen ausreichend großen Kolben haben, der jedoch nicht so dick ist, daß die Pumpe schlecht in der Hand liegt. Die Saugwirkung der Pumpe können Sie ganz einfach testen. Spannen Sie die Pumpe und drücken Sie einen Finger fest auf die Saugspitze. Wenn Sie jetzt die Pumpe auslösen, darf der Kolben nicht ruckartig in seine Endstellung springen. Je langsamer der Kolben wieder nach oben gleitet, um so besser ist die Pumpe. Das beste Material für die Spitze der Pumpe ist Teflon.

Soweit zur Grundausstattung und zum erforderlichen Werkzeug, das in keiner Hobby-Werkstatt fehlen sollte. Nehmen Sie sich beim Kauf der beschriebenen Werkzeuge Zeit. Auch ein Preisvergleich dürfte sich lohnen. Schraubendreher zum Beispiel sind in guter Qualität schon für unter 10 Mark zu haben. (H. Zwartscholten/ah)





So stellt man Platinen her

Hier erfahren Sie, wie man Platinen in »Heimarbeit« selbst herstellen kann. Denn auch ohne großen Aufwand läßt sich eine Platine einfach fertigen. Es ist leichter, als Sie denken.

Dies ist ein Heft, in dem es vorwiegend um Bauanleitungen geht, die etwas mit dem C 64/C 128 zu tun haben. Für die meisten dieser Bauanleitungen sind teilweise aufwendige Platinen nötig, die sich auch von Einsteigern in diese Materie in Heimarbeit relativ leicht herstellen lassen. Sie erfahren auch, wie man doppelseitig kaschierte Platinen belichtet und ätzt. Als Beispiel stellen wir die Platine des 1-Chip-Mikrocomputer-Programmiergeräts her, die in diesem Heft zu finden ist.

Eine Platine besteht aus einem Trägermaterial, das ihr die nötige Festigkeit gibt. Als Trägermaterial findet Pertinax (Hartpapier) oder Epoxid-Harz Verwendung. Beide Materialien haben den Vorteil, daß sie relativ stabil sind und sehr schlecht elektrischen Strom leiten. Auf dem Trägermaterial ist eine dünne Schicht aus Kupfer aufgedampft, das ein hervorragender elektrischer Leiter ist. Dieses Kupfer wird nun bis auf die Stellen weggeätzt, wo es für die Bauteileverbindung notwendig ist. Es entstehen die Leiterbahnen. Bei aufwendigeren Schaltungen verwendet man beidseitig beschichtete Platinen. Hier ist auf der Ober- und Unterseite eine Kupferschicht aufgedampft. Man kann damit prinzipiell zwei Platinen auf dem gleichen Träger herstellen.

Epoxid-Harz als Trägermaterial besitzt bessere Eigenschaften als Pertinax. Es ist wesentlich stabiler und läßt sich exakter bohren. Allerdings liegt es im Preis deutlich über Pertinax.

Bei einer Variante der Platinen, mit der wir übrigens arbeiten werden, ist über dem Kupfer noch eine Schicht aus lichtempfindlichem Lack aufgetragen, die das Kupfer vor dem Ätzmittel schützt. Die Lackschicht wird durch eine dicke Selbstklebefolie vor Lichteinstrahlung geschützt. Setzt man den Fotolack UV-Licht (Höhensonne) aus, verändert er an den belichteten Stellen seine Struktur, so daß er von einer Entwicklerlösung aufgelöst werden kann (Natronlauge). Die Stellen, an denen nach dem Entwickeln kein Fotolack mehr klebt, werden von der Ätzsubstanz angegriffen und aufgelöst. Die Stellen, die noch vom Fotolack bedeckt werden, bleiben verschont und ergeben nach dem Ätzvorgang die Leiterbahnen.

Was braucht man?

Bevor wir uns ans Ätzen machen können, sind ein paar Utensilien nötig (Bild 1). Man kann sie in jedem besseren Elektronik-Fachgeschäft erhalten. Dazu gehören:

1. Fotobeschichtete Platinen, positiv oder negativ, je nach Verfahren
2. Folie oder Film zum Übertragen des Layouts (zum Beispiel Color Key) oder möglichst schwarze Fotokopie des Layouts und Klarpaus-Spray, um die Fotokopie transparent zu machen
3. Eine Metallsäge und eine flache Schlüsselfeile
4. Fotoentwickler (meistens Ätznatron)
5. Ätzmittel (Eisen-III-Chlorid oder Feinätzkristall)
6. Zwei Plastikwannen (größer als Platinen) oder SENO-Ätzsystem (zum Beispiel bei Radio-RIM erhältlich)

7. Eine dünne, saubere Glasscheibe (größer als Platine)
8. Eine UV-Lampe (das helle Licht eines Dia-Projektors genügt auch)
9. Plastikklammern oder Holzzangen
10. Eine Ständerbohrmaschine und geeignete Stahlbohrer (0,8 oder 1 Millimeter). Bei der Bohrmaschine sollte darauf geachtet werden, daß sie möglichst hohe Drehzahlen liefert (15000 UpM und mehr)
11. Lötlack

Die Praxis

Das erste, was benötigt wird, ist eine Vorlage des Platinenlayouts. Am besten eignet sich dazu eine Vorlage in Form eines Filmpositivs (Bild 2), man kann aber auch eine Fotokopie des Layouts mit Klarpaus-Spray transparent machen



Bild 2. Die Vorlage kann entweder ein Film oder eine mit Klarpaus-Spray behandelte Fotokopie sein. Letzteres ist aber nicht so empfehlenswert.

Bild 3. Die Schutzfolie muß vorsichtig abgezogen werden

und dies als Vorlage hernehmen. Diese Methode ist aber nicht unbedingt zu empfehlen, da Fotokopien meist nicht so schwarz wie die Vorlage werden und Belichtungsfehler auftreten können.

Eleganter als mit der Klarpaus-Methode ist die Verwendung von »Color Key«-Folien. Hier wird eine spezielle Folie auf das Platinenlayout gelegt und mit UV-Licht belichtet. Der Clou dabei ist, daß die Folie nur auf das Licht anspricht, das von der Vorlage reflektiert wird und nicht auf das Licht der Lampe. Nach dem Entwickeln der Folie hat man eine negative Kopie des Layouts auf Klarsichtfilm, die sich leicht auf fotonegativ (!) beschichtete Platine übertragen läßt. Verfügt man nur über photopositiv beschichtete Platinen, muß dieser Film nochmal mit der Color Key-Folie belichtet (umkopiert) werden, um eine positive Kopie zu erhalten. Der Nachteil dieses hervorragenden Verfahrens soll nicht verschwiegen werden: Eine DIN-A4-große Folie kostet etwa acht Mark und 100 Milliliter Entwickler nochmal das gleiche. Hat man noch keine Routine im Color Key-Verfahren, sollte man sich erst mit kleinen Probestreifen, die nicht auf die Platine übertragen werden, einarbeiten. Der Vorteil von Color Key ist, daß die Rückseite des Originalplatinenlayouts ruhig bedruckt sein kann (die Layouts in dieser Ausgabe sind auf der Rückseite nicht bedruckt).

Eine weitere, nur für kleine Schaltungen geeignete Methode ist das Ab- oder Nachzeichnen von Layouts. Mit normaler Tusche und Zeichenfolie ist das allerdings ein fast aussichtsloses Vorhaben. Erstens verschmiert die Tusche leicht und zweitens ist sie erst nach dem zweiten oder dritten Auftragen genügend lichtdicht. Es gibt aber Selbstklebesymbole (Letraset-Verfahren, Abreibebuchstaben), die leicht auf eine feste Klarsichtfolie übertragen (aufgerubbelt) werden können. Mit diesen Symbolen hat man schnell die Lötaugen für IC-Sockel oder anderes auf der Folie. Man muß ja nur die Folie auf die Vorlage legen und die Leitungen nachkleben. Sehr gut eignen sich Folien für Overhead-Projektoren, die in den meisten Schreibwarengeschäften erhältlich sind. Für Leiterbahnen gibt es Selbstklebebänder auf Rollen. Mit einem kleinen Universalmesser kann das Band leicht auf die erforderliche Länge geschnitten werden. Die Bänder lassen sich auch in

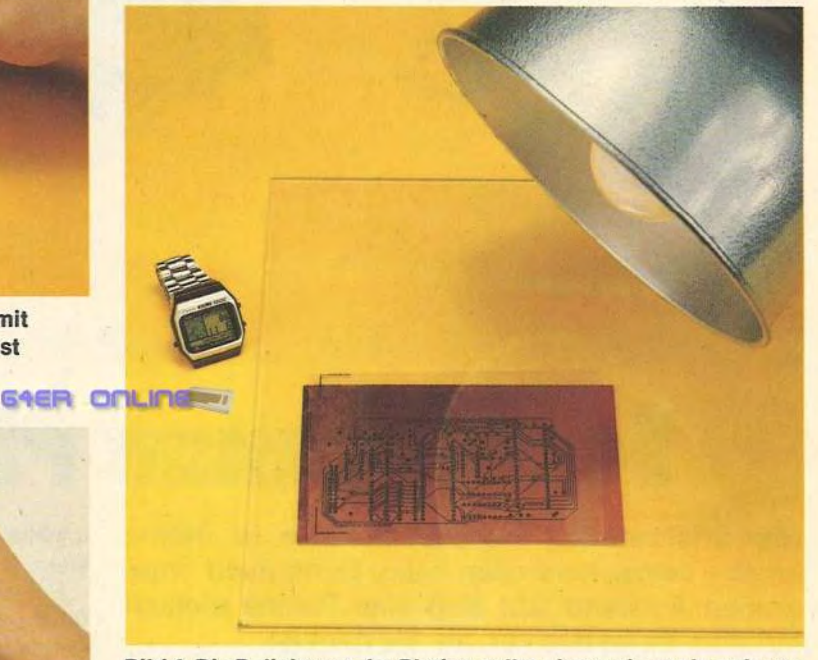


Bild 4. Die Belichtung der Platine sollte eher zu kurz als zu lange sein. Die Fassung der Birne muß die Leistung verkraften.

Kurven verkleben. Einfache Layouts sind mit dieser Methode schnell, leicht und sicher herzustellen.

Haben Sie eine verwertbare Kopie des Layouts, müssen Sie sich mit einer Säge ein Stück der Platine aussägen, das die gewünschte Größe der späteren Platine abdeckt. Dazu nehmen Sie eine scharfe Metallsäge. Beim Sägen sollte die Kupferseite der Platine oben liegen, um allzu starkes Ausreißen an den Schnittkanten zu vermeiden. Bei doppelt kaschierten Platinen sollte man für jede Seite das Trägermaterial zur Hälfte durchsägen. Die Kanten lassen sich mit einer kleinen Schlüsselfeile schnell entgraten. Achtung! Die Lackschicht darf keine Kratzer bekommen, da dies zu Leiterbahnunterbrechungen führen kann.

Jetzt kann die Schutzfolie von der Platine abgezogen werden (Bild 3). Legen Sie die Platine mit der Kupferseite nach oben auf eine ebene Fläche. Als nächster Schritt müßte das Layout auf die Platine gelegt werden, doch zuvor noch eine Anmerkung:

Sie werden sich möglicherweise darüber gewundert haben, daß alle Layouts in diesem Heft spiegelverkehrt abgedruckt sind. Dies hat folgenden Grund: Wenn Sie das Positiv (oder Negativ, je nach Fotolack) in Ihren Händen halten, muß die beschichtete Seite der Vorlage unbedingt auf die

beschichtete Seite der Platine gelegt werden. Dies ist nötig, um Unterlichtungen zu vermeiden. Da die Folie eine bestimmte Dicke hat, könnte, wenn die Schichtseite der Vorlage oben liegt, etwas Licht »unter« die Linien geraten und so die Leitungen unterlichten. Achten Sie deshalb genau darauf, daß die beschichtete Seite der Vorlage (erkennbar an der matteren Farbe) unbedingt auf der Platine aufliegt.

Legen Sie also die Vorlage richtig herum auf die Platine und beschweren diese mit einer klaren Glasplatte, die größer als die Platine sein muß (Bild 4). Nun können Sie die Platine mit der darüberhängenden Lampe belichten. Die Belichtungszeit hängt stark davon ab, wie groß der Abstand zwischen Platine und Lampe ist und aus welcher Glassorte die Glasplatte besteht. In der Regel beträgt die Belichtungszeit aber 10 bis 15 Minuten. Am besten machen Sie zuvor ein paar Probebelichtungen mit kleinen Platinenresten, die Sie entwickeln und ätzen. Die einmal ermittelte Zeit paßt dann für alle folgenden Belichtungen, solange Sie die gleiche Lampe im gleichen Abstand benutzen. Besorgen Sie sich aber auf jeden Fall eine passende Fassung für die Lampe, denn keinesfalls darf eine 500-Watt-Birne in einer Schreibtischlampe betrieben werden.

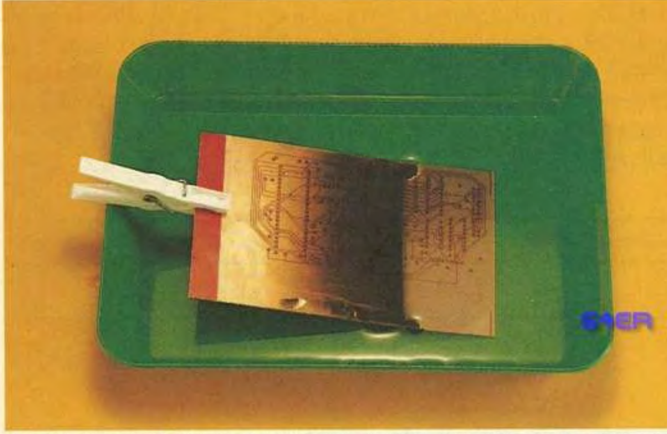


Bild 5. Die belichtete Platine wird im Entwicklerbad solange leicht bewegt, bis die Leiterbahnen klar zu erkennen sind

Sollten Sie eine der Platinen herstellen wollen, die über zwei beschichtete Seiten verfügt, ist vorher noch folgendes zu tun:

Stellen Sie die beiden Vorlagen (Ober- und Unterseite), wie oben beschrieben, her. Legen Sie beide Vorlagen deckungsgleich so aufeinander, daß die beschichteten Seiten, erkennbar an der matten Färbung, aufeinander liegen. Legen Sie zwischen die beiden Folien ein kleines Stück der Platine, um den richtigen Abstand zu gewährleisten. Das kleine Stück darf aber keine der Leitungen verdecken. Kleben Sie nun die beiden Vorlagen links und rechts so zusammen, daß eine Tasche entsteht. In diese Tasche stecken Sie die beidseitig beschichtete Platine und kleben diese an der Vorlage fest, so daß diese nicht verrutschen kann. Ansonsten verfahren Sie wie oben beschrieben, nur mit dem Unterschied, daß die Platine nach der Belichtungszeit einmal gewendet werden muß.

Entwickeln und Ätzen

Während des Belichtungsvorganges kann bereits die Entwicklerlösung angesetzt werden. Lösen Sie dazu den Inhalt des Entwicklerpäckchens mit der angegebenen Menge Wasser in einer Plastikwanne auf. Die Entwicklerlösung können Sie aufbewahren, da sie für mehrere Platinen verwendbar ist. Es sollte aber keine Limonade- oder andere Getränkeflasche verwendet werden, da der Entwickler giftig und ätzend ist und es leicht zu Verwechslungen kommen kann.

Ist die Entwicklungszeit vorbei, entfernen Sie die Glasplatte und die Vorlage und legen die Platine mit einer Wäscheklammer oder einer Holzzange in das Entwicklerbad. Während des Entwickelns und Ätzens sollte die Unterlage mit einer dicken Schicht Zeitungspapier abgedeckt werden, um Spritzer auf ihr zu vermeiden. Selbst zieht man sicherheitshalber einen alten Kittel oder eine Schürze an.

Das Entwickeln dauert nur wenige Sekunden (je nachdem, wie alt der Entwickler ist). Das Ende ist daran zu erkennen, daß an den belichteten Stellen das blanke Kupfer zu sehen ist (Bild 5). Während des Entwickelns ist es empfehlenswert, die Plastikschale zu schwenken oder leicht zu kippen (Vorsicht: Spritzer (!)). So wird erreicht, daß der abgelöste Lack von der Platine gewaschen wird, und es läßt sich jederzeit

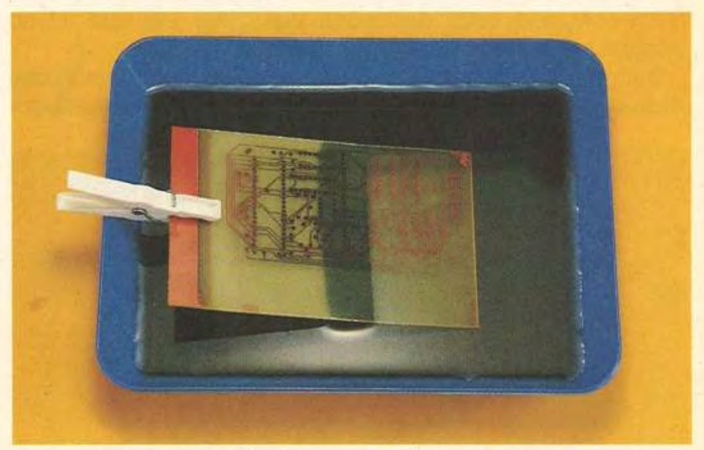


Bild 6. Während des Ätzvorganges sollte die Schale etwas bewegt werden, um das abgelöste Kupfer von der Platine zu waschen

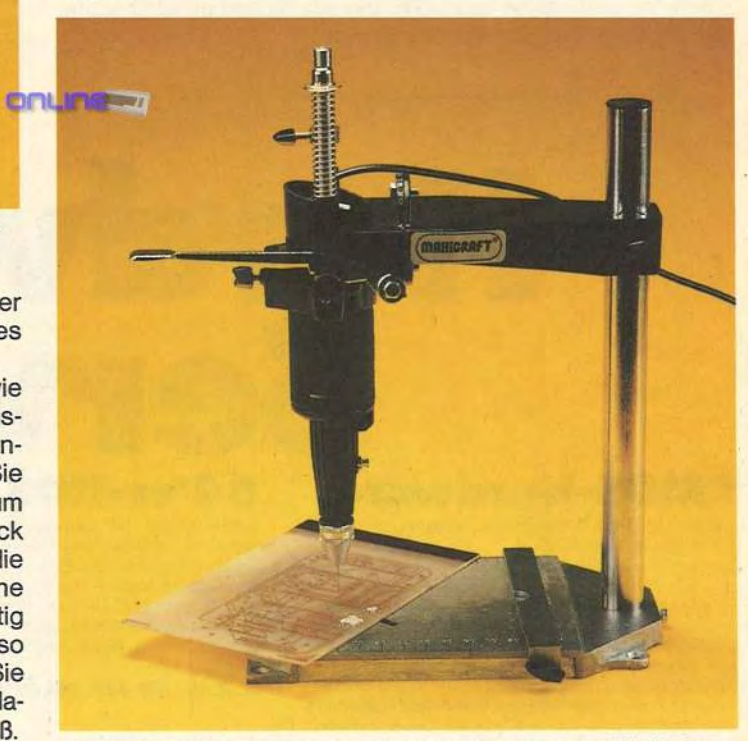


Bild 7. Die Platine bohrt man am besten mit einer Minibohrmaschine und einem Bohrständer

erkennen, wie weit die Entwicklung fortgeschritten ist. Lassen Sie die Platine aber nicht unnötig lange im Entwicklerbad, da die Lösung nach einiger Zeit auch die unbelichteten Stellen angreift.

Anschließend ist die Platine unter fließendem, kaltem Wasser abzuwaschen, um die Rückstände der Lösung zu beseitigen. Die Platine wird somit fixiert. Ab jetzt darf die Platine auf keinen Fall mehr mit den bloßen Fingern angefaßt werden. Es kann nämlich sonst passieren, daß das Kupfer durch das Fett, das die Finger ausscheiden, nicht sauber weggeätzt wird.

In der zweiten Plastikwanne kann nun das Ätzmittel angesetzt werden. Lösen Sie dazu den Inhalt des Ätzmittelpäckchens mit der angegebenen Menge Wasser in der Wanne auf. Das Wasser sollte etwa 35 bis 50 Grad warm sein. So löst sich das Ätzmittel schneller auf und auch der Ätzvorgang läuft schneller ab. Machen Sie das Wasser aber auf keinen Fall heißer, denn sonst entweicht das stechend riechende und giftige Chlorgas (Eisen-III-Chlorid). Da während des Ätzvorganges auch immer etwas Gas frei wird, sollte für eine gute Entlüftung des Arbeitsplatzes gesorgt werden. Hüten Sie sich allerdings vor einer Mischung, die gerne von Profis eingesetzt wird: 9 Teile Salzsäure und 1 Teil Wasserstoffperoxid. Dieses Ätzbad setzt dermaßen viel Chlor frei und ist so aggressiv, daß man die Finger davon lassen sollte.

Bringen Sie nun, wie beim Entwickeln, die Platine in das Ätzbad und kippen die Schale ab und zu etwas, um das abgelöste Kupfer abzuwaschen (Bild 6). So wird der Ätzvorgang beschleunigt. Nach einigen Minuten ist der Ätzvorgang beendet. Dies erkennen Sie daran, daß die Leiterbahnen klar vorhanden und das restliche Kupfer vollständig verschwunden ist. Spülen Sie die Platine wieder unter klarem Wasser ab und trocknen Sie sie mit saugfähigem Papier. Anschließend ist der verbliebene Fotolack mit Aceton oder einem Fotolack-Entferner zu beseitigen.

Der chemische Teil ist nun abgeschlossen. Es müssen noch die Löcher für die Bauteile gebohrt werden. Dazu benötigen Sie eine Bohrmaschine und einen Bohrer mit 0,8 oder 1 Millimeter Durchmesser. Am besten eignet sich ein Minidrill, der auf einem Bohrständer montiert ist (Bild 7). Achten Sie aber darauf, daß die Bohrmaschine schnell genug läuft (15 000 UpM und mehr), da die Löcher dadurch »sauberer« werden. Bei einseitig beschichteten Platinen bohrt man die Löcher von der Kupferseite aus.

Nach dem Bohren sollte eine Sichtkontrolle vorgenommen werden, bei der die Platine auf Leiterbahnunterbrechungen und -überbrückungen zu untersuchen ist. Unterbrechungen können mit einem kleinen Drahtstück geflickt und unerwünschte Verbindungen weggekratzt werden.

Abschließend sprüht man die Platine mit Lötlack ein, der die Oxidation der Kupferschicht verhindert (Bild 8). Bei beidseitig kaschierten Platinen ist beim späteren Löten darauf zu achten, daß die Bauteile auf der Oberseite wie auch auf der Unterseite mit den Leiterbahnen verlötet werden, da Durchkontaktierungen mit Heimwerkermitteln leider nicht so einfach herzustellen sind. (dm)



Bild 8. Abschließend ist die Platine mit Lötlack zu behandeln, der die Oxidation des Kupfers stoppt

Die Geräte und Materialien wurden uns freundlicherweise von Radio-RIM zur Verfügung gestellt

Schaltungen fehlerfrei aufgebaut

Standen Sie auch schon einmal vor dem Problem, daß eine von Ihnen aufgebaute Schaltung nicht auf Anhieb funktionierte? Wir geben Ihnen hier wichtige Tips und Tricks, die Ihnen helfen, Fehler zu finden und zu beheben, die durch den Aufbau entstanden sind.

Man ärgert sich oft, wenn eine mühsam nachgebaute Schaltung aus einer Bauanleitung nicht auf Anhieb funktioniert. Sollte Ihnen dies auch passieren, dann lesen Sie diesen Artikel, bevor Sie die Schaltung frustriert in den Mülleimer werfen. Wir haben einige Stichpunkte zusammengefaßt, die Ihnen helfen könnten, den Fehler, der zum Nichtfunktionieren führt, zu lokalisieren.

Bevor Sie an die Fehlersuche gehen, ist es empfehlenswert, die Schaltung, die Ihnen soviel Ärger bereitet, erst einmal für einige Zeit zur Seite zu legen. Wenn Sie nach einer Denkpause einen klaren Kopf bekommen haben, dann sollten Sie alle Punkte dieses Artikels nacheinander durchgehen.

Als erstes ist es wichtig, zu kontrollieren, ob die Schaltung überhaupt Strom bekommt. So banal, wie es klingen mag, aber viele Schaltungen funktionieren deshalb nicht, weil man vergessen hat, den Netzstecker in die Steckdose zu stecken. Prüfen Sie dann, ob am Netzteil alle Spannungen vorhanden sind. Eine mögliche Fehlerursache kann eine defekte Sicherung sein. Wichtig ist auch die Kontrolle über die Polarität der Versorgungsspannung. Kontrollieren Sie, ob der Pluspol des Netzteils auch wirklich mit dem Pluspol der Schaltung verbunden ist. Sind alle Spannungen vorhanden, muß der Schaltungsaufbau kontrolliert werden. Dazu ist die Spannung wieder abzuschalten.

Kontrollieren Sie jetzt, ob alle Bauteile auf der Platine vorhanden sind. Defekte Bauteile können auch jetzt schon manchmal erkannt werden. So sind zum Beispiel dunkelbraun oder schwarz verfärbte Widerstände sehr verdächtig. Überprüfen Sie, ob alle Bauteile an der richtigen Position eingelötet wurden. ICs, Dioden, Transistoren und Elkos müssen richtig gepolt in die Schaltung eingebaut sein. Kontrollieren Sie, ob vielleicht eines dieser Bauteile beim Einbau verdreht wurde.

Drahtbrücken sind sehr unscheinbare Bauteile. Falls auf der Platine Drahtbrücken verwendet wurden, sehen Sie nach, ob alle vorhanden sind.

Sind alle Lötstellen vorhanden? Ein nicht festgelöteter Bauteilepin kann die ganze Schaltung lahmlegen. Auch Lötstellen, die nicht einwandfrei sind (kalte Lötstellen), können eine schlechte Funktion der Schaltung zur Folge haben. Schauen Sie sich das Aussehen der Lötstellen genau an. Kalte Lötstellen kann man oft mit bloßem Auge erkennen. Kommt Ihnen eine Lötstelle verdächtig vor, dann löten Sie sie sicherheitshalber noch einmal nach. Sehen Sie auch nach, ob durch Lötzinn an irgendeiner Stelle ein Kurzschluß entstanden ist. Dies geschieht sehr schnell bei dicht nebeneinanderliegenden Lötpunkten und Leiterbahnen. Kurzschlüsse können auch entstehen, wenn Sie vergessen haben, einen Bauteilanschlußdraht zu kürzen. Dieser Anschlußdraht hat sich vielleicht umgebogen und berührt eine Stelle, an der er nichts zu suchen hat. Flußmittelreste, die nicht entfernt worden sind, können die Funktion einer Schaltung erheblich beeinträchtigen. Kratzen Sie alle noch vorhandenen Flußmittelreste weg.

Haben Sie auch die richtigen Bauteile eingelötet? Vor allem bei Bauteilen, die durch einen Farbcode gekennzeichnet sind, besteht Verwechslungsgefahr. Bei schlecht erkennbaren Farbringen an Widerständen, zum Beispiel den Farben Orange und Gelb, kann es leicht vorkommen, daß der eingebaute Widerstand um eine Zehnerpotenz zu groß oder zu klein ist.

Ein Haarriß auf der Platine kann ebenfalls die ganze Schaltung lahmlegen. Überprüfen können Sie dies, indem Sie die Platine schräg gegen das Licht halten und dann alle Leiterbahnen genau anschauen. Besser ist es, wenn Sie die Leiterbahnen mit einem Ohmmeter nachmessen.

Wenn bis hierher mit Ihrer Schaltung alles in Ordnung ist, dann nehmen Sie sich die Bauanleitung noch einmal vor. Machen Sie sich dadurch die Funktion der Schaltung genau klar. Überlegen Sie sich, welche Spannungen an bestimmten Stellen der Schaltung auftreten können oder vorhanden sein müssen.

Tragen Sie diese Meßpunkte mit zugehöriger Spannungsangabe in den Schaltplan ein. Oft sind im Schaltbild schon solche Meßpunkte vorhanden. Tragen Sie die numerierten Meßpunkte auch in das Platinenlayout ein. Dies erleichtert die spätere Messung und Suche der Meßpunkte auf der Platine erheblich.

Nehmen Sie jetzt die Schaltung wieder zur Hand und schließen die Spannungsquelle wieder an. Überprüfen Sie mit einem Meßgerät alle vorher ermittelten Meßpunkte. Stimmen alle Meßwerte mit Ihren Berechnungen überein? Kontrollieren Sie auch die Polarität der Spannungen. Überprüfen Sie, ob Signale, die am Eingang der Schaltung vorhanden sind, auch richtig durchgeschaltet werden.

Vier Augen sehen mehr

Wenn bis jetzt noch kein Fehler lokalisiert wurde, dann ziehen Sie einen Bekannten, der sich in der Elektronik auskennt, zu Rate. Vier Augen sehen meistens mehr als zwei.

Es kann natürlich auch sein, daß die Schaltung von vorneherein zum Nichtfunktionieren verdammt ist. Der Druckfehlerteufel schlägt mit Vorliebe in den Bestückungslisten zu. Dadurch können zum Beispiel falsche Werte für Bauteile an Sie übermittelt worden sein. In einer nachfolgenden 64'er-Ausgabe wird dieser Fehler dann korrigiert. Die Redaktion steht Ihnen natürlich auch gerne telefonisch mit Rat und Tat zur Seite. Wenn Sie aber anrufen, dann beachten Sie bitte folgendes:

Notieren Sie sich vorher auf einem Zettel genau, was an einer Schaltung nicht funktioniert. Sehr gut ist es, sich die gemessenen Werte zu notieren. Seien Sie bitte nicht böse, wenn Ihnen in manchen Fällen nicht sofort geholfen werden kann. Der Redakteur einer Bauanleitung ist nämlich selten mit dem Autor identisch, und bestimmte Fehlerarten erfordern erst eine Rückfrage beim Autor. Rufen Sie außerdem nur an, wenn Sie absolut nicht mehr weiterwissen, da die Hauptaufgabe der Redaktion die Herstellung einer neuen interessanten Ausgabe für Sie ist.

Falls häufiger Fehler in von Ihnen nachgebauten Schaltungen auftreten, dann ist dies kein Grund zur Traurigkeit. Diese Fehler haben nämlich auch ihre Vorteile. Durch die Fehlersuche lernt man eine Schaltung nämlich erst ganz genau kennen.

(H. Zwartscholten/ah)

Löten, aber wie?

Eine der grundlegendsten Voraussetzungen für das Funktionieren einer elektronischen Schaltung ist eine einwandfreie Verbindung zwischen den Bauteilen. Im allgemeinen werden diese Verbindungen mittels Löten hergestellt. Wie man richtig lötet und dabei einwandfreie Verbindungen schafft, ist das Thema des folgenden Artikels.

Die wichtigste Voraussetzung für gute Lötverbindungen ist gutes Werkzeug. An erster Stelle steht hier, wie kann es anders sein, natürlich der Lötkolben. Diesen gibt es in den verschiedensten Leistungsklassen. Für den Hobby-Elektroniker reicht hier ein Lötkolben im Bereich von 15 bis 30 Watt vollkommen aus (Bild 1). Alles, was über diesem Bereich liegt, sollten Sie ruhig den Klempnern überlassen. Wenn Sie zum großen Teil Schaltungen mit integrierten Schaltkreisen (ICs) aufbauen, so halten Sie sich mehr an die untere Grenze von 15 Watt. Die Gefahr, daß Bauteile oder Leiterbahnen auf der Platine den Hitzetod sterben, ist dadurch wesentlich geringer. Beim Kauf eines Lötkolbens sollten Sie ruhig etwas tiefer in die Tasche greifen. An allzu billigen Lötkolben werden Sie keine lange Freude haben. Den Differenzbetrag zum teureren Lötkolben geben Sie spätestens dann wieder aus, wenn Sie durch Überhitzung zerstörte Bauteile nachkaufen müssen.

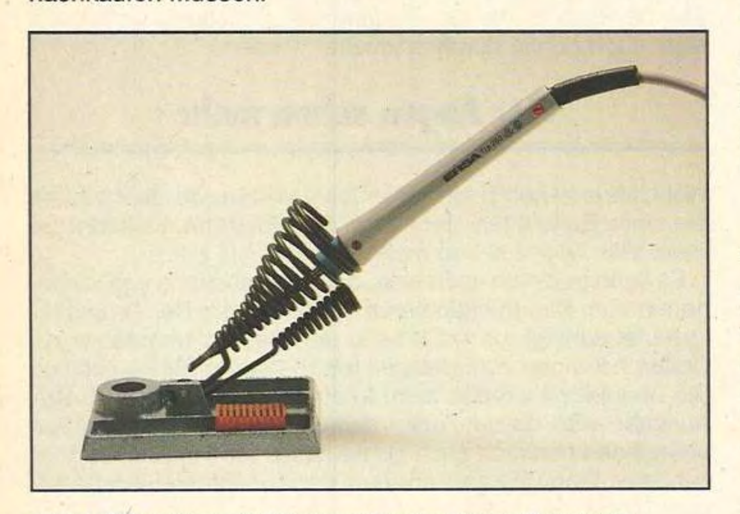


Bild 1. Ein einfacher Lötkolben für den Hobby-Gebrauch

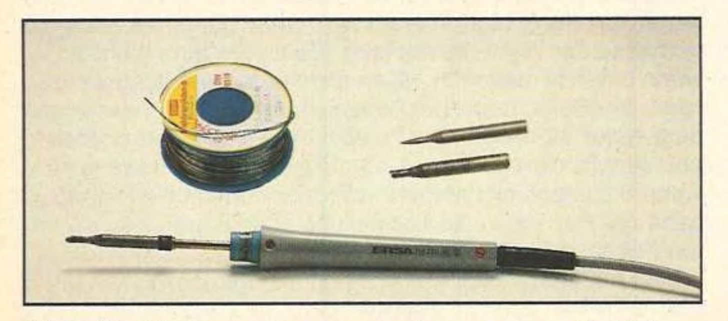


Bild 2. Ein Lötkolben mit auswechselbaren, unterschiedlich großen Lötspitzen. Es sollte darauf geachtet werden, daß nur zunderfreie Spitzen verwendet werden.

Die Leistung allein ist beim Lötkolben allerdings noch nicht ausschlaggebend. Die Beschaffenheit der Kolbenspitze ist ein weiteres Kriterium. Bei den meisten Lötkolben läßt sich die Spitze auswechseln (Bild 2). Dies ist sehr vorteilhaft, da man so mehrere verschiedene, den unterschiedlichen Größen der zu bearbeitenden Lötstellen angepaßte Spitzen, verwenden kann: zum Beispiel die kleine dünne Spitze für ICs oder die dicke Spitze zum Verzinnen von Anschlußdrähten. Das Material, aus dem die Lötkolbenspitze besteht, ist meistens Kupfer oder vernickeltes Kupfer. Verschiedene Hersteller verwenden aber auch besondere Legierungen für ihre Spitzen (zum Beispiel Ersadur). Kupfer hat den Vorteil der sehr guten Wärmeleitung. Dadurch kommt man mit sehr kurzen Lötzeiten aus. Eine Kupferspitze muß vor ihrem Erstgebrauch allerdings verzinnt werden. Dazu heizen Sie den Lötkolben erst einmal auf. Um festzustellen, ob der Lötkolben seine Betriebstemperatur erreicht hat, halten Sie ab und zu etwas Lötzinn an die Spitze. Sobald das Lötzinn schmilzt, halten Sie eine größere Menge davon an den Kolben, bis die Spitze des Lötkolbens danach völlig mit Lötzinn überzogen ist.

Überschüssiges Lötzinn müssen Sie jetzt vom Lötkolben abstreifen. Dies kann mit einem Lappen oder besser mit einem feuchten Silikonschwämmchen geschehen. Halten Sie dieses Schwämmchen auch beim Löten immer zur Hand, um ab und zu Ihren Lötkolben damit von überschüssigem Zinn und Zunder zu befreien. Wiederholen Sie den Vorgang des Schmelzens und Abwischens von Lötzinn solange, bis die Spitze des Lötkolbens vorne rundherum mit einer Lötzinnschicht bedeckt ist. Das Verzinnen der Kupferspitze ist übrigens ein Schutz gegen Oxidation. Bei reinen Kupferspitzen bilden sich nach längerem Gebrauch kleine Vertiefungen. Von Zeit zu Zeit müssen Sie deshalb die Spitze mit einer Feile glätten und danach neu verzinnen. Vernickelte Kupferspitzen oder Spitzen aus Nickel/Eisen-Legierungen brauchen Sie nicht zu verzinnen. Sie dürfen diese Spitzen selbstverständlich auch nicht mit der Feile bearbeiten.

Das Nonplusultra bei den Lötkolben sind elektronische, temperaturgeregelte Geräte. Leider liegen diese preismäßig über der 100-Mark-Grenze. Sie lohnen sich deshalb nur für den Profi. Für einen normalen Lötkolben müssen Sie etwa 20 bis 30 Mark bezahlen.

Das Lötmaterial

Zum einwandfreien Arbeiten mit dem Lötkolben gehört auch eine sichere Ablage. Kaufen Sie hier kein allzu billiges Drahtgestell, sonst werden sich die Brandblasen an Ihren Händen und die Löcher im Teppich schneller als erwünscht vermehren. Der Lötkolbenständer muß einen schweren Fuß haben, damit er bei Belastung durch den Lötkolben nicht sofort umkippt. Vorteilhaft ist es auch, wenn sich das zur Reinigung notwendige Schwämmchen gleich am Fuß des Lötkolbens unterbringen läßt.

Zum Herstellen einer guten Lötverbindung ist natürlich auch die Beschaffenheit des Lötzinns sehr wichtig. Sie sollten hier ausschließlich Eletronik- oder Radiolot verwenden. Dieses Lötzinn besteht aus einer Legierung von 60% Zinn und 40% Blei. Man spricht bei diesem Mischungsverhältnis von einer eutektischen Legierung. Nur die eutektische Legierung geht beim Erkalten vom flüssigen Zustand direkt in den festen Zustand über (Bild 3). Alle anderen Mischungsverhältnisse durchlaufen beim Erkalten einen Zustand, in dem sie weder fest noch flüssig sind. Die eutektische Legierung ist deshalb so interessant, weil sie die Mischung mit der niedrigsten Schmelztemperatur ist. Sie liegt in diesem Fall zwischen 183 und 189 Grad Celsius. Die Dicke des Lötdrahtes sollte im Bereich von 1 bis 1,5 mm liegen. Bei dickerem Lötzinn



taucht die Gefahr auf, daß Sie beim Löten ungewollt zwei nebeneinanderliegende, getrennte Lötpunkte miteinander verbinden. Dies ist besonders schnell bei Platinen mit hoher Packungsdichte, wie bei vielen Digitalschaltungen üblich, der Fall.

Der Lötdraht sollte hohl und mit einem Flußmittel gefüllt sein. Das Flußmittel reinigt die zu verbindenden Stellen von mechanisch nicht zu entfernenden Verschmutzungen und Oxidschichten. Es sorgt quasi dafür, daß das Lötzinn richtig fließt. Üblicherweise ist im Lötdraht als Flußmittel Kolophonium enthalten. Lötwasser oder andere dubiose säurehaltige Flußmittel haben bei einer Elektronikschaltung nichts verloren. Sie würden nur zu einer langsamen Zerstörung der Lötstelle durch Korrosion führen.

Bevor Sie zum Verlöten der Bauteile schreiten, müssen diese zuerst auf der Platine plaziert werden. Fangen Sie bei den Bauteilen mit der geringsten Höhe an. Das sind zum Beispiel alle Widerstände, die Dioden etc. Die Anschlußdrähte der Bauteile sollten Sie nach dem Einstecken in die Platine auf etwa 1 Millimeter überstehende Länge kürzen (Bild 4). Kneifen Sie die Anschlußdrähte bitte nicht erst nach dem Verlöten ab, sonst besteht die Gefahr, daß Sie die soeben erstellte Lötverbindung mechanisch beschädigen und Ihre Schaltung funktioniert nachher nicht. Nach dem Plazieren der Bauteile und Kürzen der Anschlußdrähte drehen Sie die Platine um.

So wird's gemacht

Ein Stück Schaumstoff, das gegen die Platinenoberseite gedrückt wird, hilft Ihnen, die Bauteile der richtigen Position zu fixieren. Biegen Sie die Anschlußdrähte nicht um, sonst erschweren Sie sich ein eventuelles späteres Auslöten einzelner Bauteile. Drücken Sie jetzt den vorgeheizten und gut verzinnten Lötkolben mit seiner Spitze so gegen Leiterbahn und Anschlußdraht, daß diese gemeinsam erwärmt werden. Gleichzeitig führen Sie das Lötzinn an die Lötstelle (Bild 5). Durch die erhitzte Lötstelle schmilzt jetzt das Lötzinn, verteilt sich über die Lötstelle und kriecht am Anschlußdraht hinauf. Sobald genügend Lötzinn geschmolzen ist, nehmen Sie den Lötdraht von der Lötstelle weg. Sofort danach nehmen Sie auch den Lötkolben fort. Während der jetzt folgenden Abkühlphase darf sich der Anschlußdraht nicht bewegen, sonst entstehen Haarrisse in der Lötverbindung. Eine gute Lötverbindung hat eine glatte Oberfläche und ein silbrig mattes Aussehen. Der Winkel, den das Lötzinn zwischen Anschlußdraht und Kupferfläche bildet, sollte etwa 30 Grad betragen (Bild 6). Machen Sie beim Löten nicht den Fehler und führen das Lötzinn an den Lötkolben und danach mit diesem erst zur Lötstelle. Das Flußmittel ist sonst schon verdampft, bevor es an der Lötstelle seine Aufgabe erfüllen kann. Als Ergebnis erhalten Sie dann einen Klumpen Lötzinn auf der Lötstelle, der die zu verlötenden Teile zwar schön aneinanderklebt, aber keine elektrisch leitende Verbindung bildet. Diese Art von Verlötung bezeichnet man auch als »kalte Lötstelle«. Bei einer einwandfreien Lötstelle bildet das Lötzinn an der Oberfläche der zu verbindenden Metalle mit diesen eine neue Legierung von der Dicke einiger Moleküle.

Beachten Sie, daß elektronische Bauteile und auch die Leiterplatine nicht allzuviel Hitze vertragen. »Braten« Sie also nicht zulange mit dem Lötkolben an einer Lötstelle herum. Bei Transistoren darf die Temperatur zum Beispiel nicht höher als 240 Grad Celsius werden. Das heißt, die Lötzeit bei Kunststoffgehäusen darf maximal 5 Sekunden und bei Metallgehäusen maximal 10 Sekunden betragen. Dabei sollte der Abstand Gehäuse-Lötstelle minimal 5 Millimeter betragen. Beim Einlöten von integrierten Schaltungen sollten Sie immer nur ein bis zwei Anschlußbeinchen verlöten und dann eine

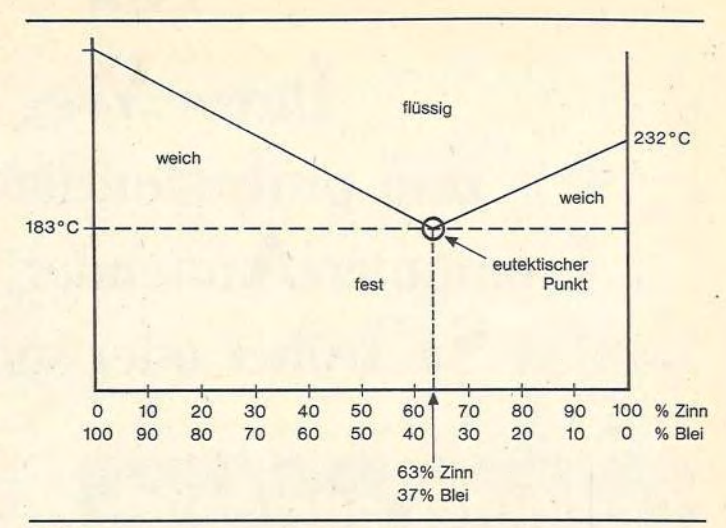


Bild 3. Zustandsdiagramm einer Zinn-Blei-Legierung

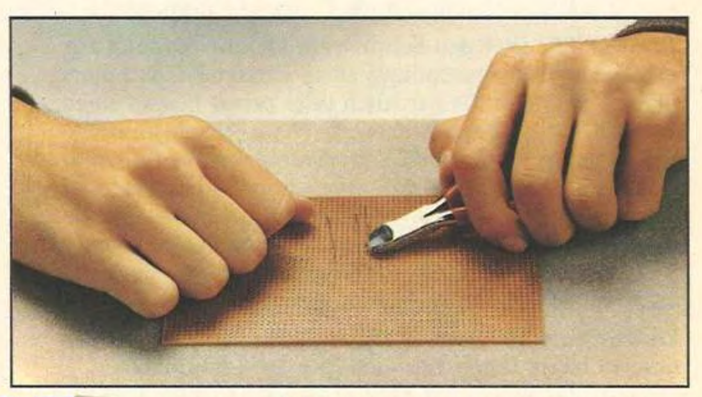


Bild 4. Kürzen der Anschlußdrähte eines Bauteils. Als Unterlage für die Platine dient Schaumstoff.

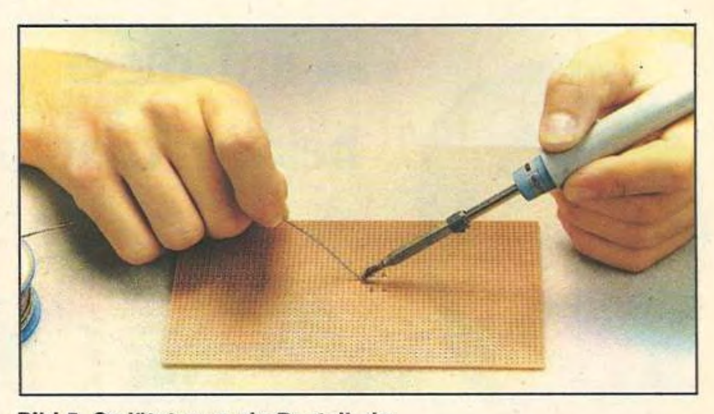


Bild 5. So lötet man ein Bauteil ein

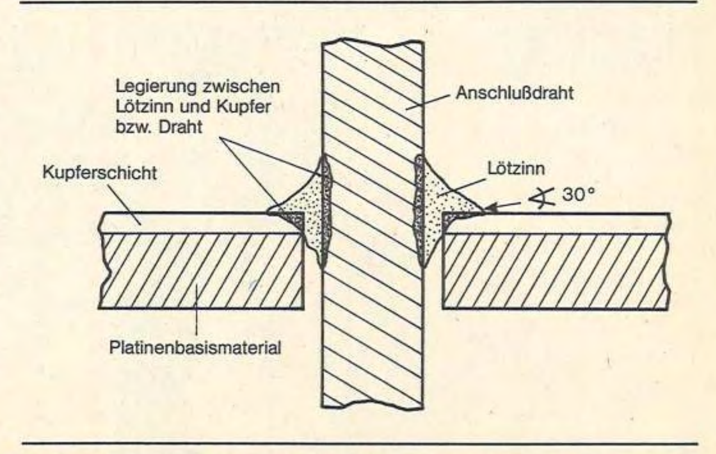


Bild 6. Querschnitt durch eine einwandfreie Lötverbindung

kurze Pause einlegen, damit das Bauteil wieder abkühlen kann. Um ganz sicher zu gehen, daß das Bauteil nicht überhitzt wird, kann man den Anschlußdraht zwischen Lötstelle und Gehäuse mit einer speziellen breitbackigen Pinzette zur Wärmeableitung festhalten.

Da noch kein Meister vom Himmel gefallen ist und Sie durch diesen Artikel auch nur theoretische Kenntnisse erhalten, sollten Sie, bevor Sie den Aufbau einer Schaltung in Angriff nehmen, das Löten üben. Dazu eignet sich besonders das Drahtgestell, das Sie in Bild 7 sehen. Wenn Sie es fertiggebracht haben, diesen Würfel exakt und ohne verbrannte Finger zusammenzulöten, dann werden Sie schon soviel Kenntnisse und Übung haben, daß Sie eine Platine erfolgreich bestücken können.

Ein Wort noch zur Haltung des Lötkolbens. An welchem Ende der Lötkolben heiß wird, werden Sie sicher mitbekommen haben. Aber wie nimmt man den Lötkolben am besten in die Hand? So mancher faßt ihn nämlich wie einen Besenstiel an, was sicher nicht besonders gut ist. Wenn Sie ihn dagegen wie einen Bleistift halten, dann ist das die optimale Art.

Entlöten

Wenn Sie öfters elektronische Schaltungen aufbauen, dann werden Sie auch ab und zu Bauteile aus einer Platine auslöten. Sei es nun, daß die Bauteile defekt sind, oder Sie benötigen Bauteile aus einer nicht mehr verwendeten Schaltung für etwas anderes. Bei allen Bauteilen mit nur zwei Anschlußdrähten ist das noch nicht besonders schwierig. Hier wird nur ein kleiner Schraubenzieher als Hebel unter das Bauteil geklemmt, und dann wird eine der Lötverbindungen mit dem Lötkolben erhitzt. Sobald das Lötzinn flüssig ist, wird das Ende des Bauteils mit dem Schraubenzieher herausgehebelt. Danach kann man das Bauteil mit einer Pinzette oder einer kleinen Flachzange packen, die andere Lötstelle erhitzen und das Bauteil aus der Platine ziehen (Bild 8). Meistens werden die Löcher in der Platine bei diesem Vorgang durch Lötzinn verstopft. Bevor man ein neues Bauteil einlöten kann, müssen die Löcher erst wieder freigelegt werden. Widerstehen Sie der Versuchung, die Anschlüsse des neuen Bauteils gegen die Löcher zu drücken und dann die Lötstellen zu erwärmen, um dadurch das Bauteil wieder in die Platine zu bekommen! Durch den mechanischen Druck passiert es nicht selten, daß die Leiterbahn dabei von der Platine abreißt. Es gibt eine ganz einfache Methode, um verstopfte Löcher freizulegen. Dazu brauchen Sie nur einen spitzen Bleistift. Erwärmen Sie die Lötstelle und drücken Sie, sobald das Lötzinn flüssig ist, die Bleistiftspitze in das Loch. Da Graphit kein Lötzinn annimmt, ja es sogar in gewissen Grenzen abstößt, hat das durch die Bleistiftspitze verschlossene Loch keine Chance, sich wieder mit Lötzinn zu füllen. Nach dem Erkalten der Lötstelle können Sie den Bleistift wieder wegnehmen und Sie haben ein einwandfreies, offenes Loch.

Die soeben beschriebene Auslötmethode kann mit etwas Geduld und Mühe auch noch bei Bauteilen mit drei Anschlüssen angewandt werden. Wenn Sie das Bauteil jedoch noch brauchen, dann laufen Sie Gefahr, es durch diese Auslötmethode zu zerstören. Deshalb gibt es noch andere Arten des Auslötens. Als erste Methode möchten wir das Auslöten unter Verwendung von Entlötlitze nennen. Hierbei wird eine spezielle Litze zusammen mit dem heißen Lötkolben an die zu entlötende Stelle gebracht. Die Litze hat die Eigenschaft, das flüssige Lötzinn aufzusaugen und damit die Lötstelle vom Zinn zu befreien. Diese Methode ist dort empfehlenswert, wo nur gelegentlich einige Bauteile ausgewechselt werden müssen. Beim Befreien größerer Platinen von ihren Bauteilen ist es jedoch ratsam, sich eine Entlötpumpe zuzulegen (Bild 9).



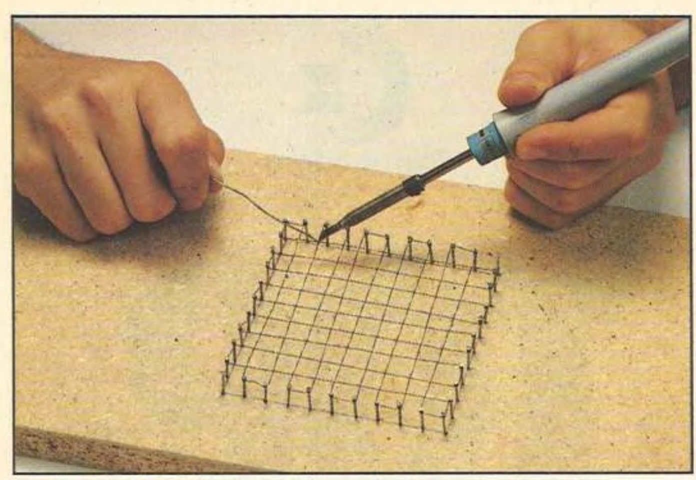


Bild 7. Draht-Quadrat zum Üben. Die hergestellten Lötverbindungen dürfen auch bei anschließender mechanischer Belastung der Drähte nicht brechen.

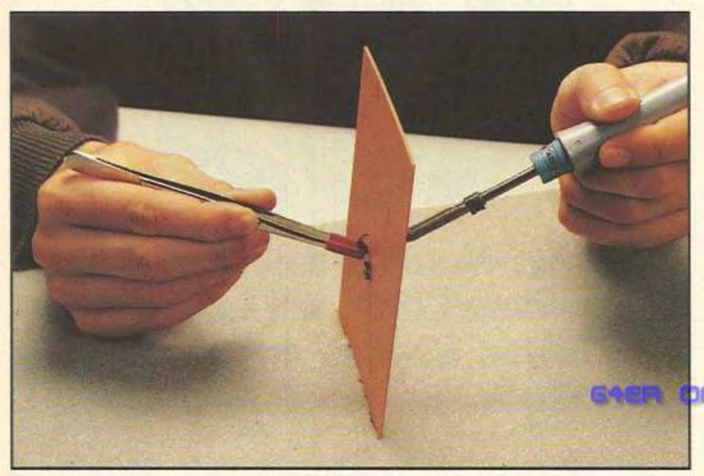


Bild 8. Auslöten eines Bauteils

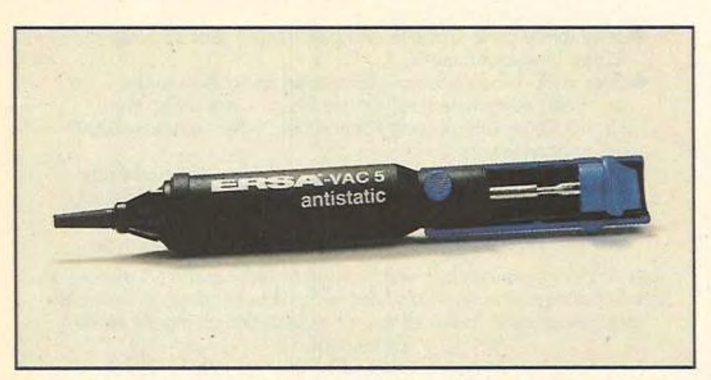


Bild 9. Entlötpumpen dieser Art erfüllen ihren Zweck optimal

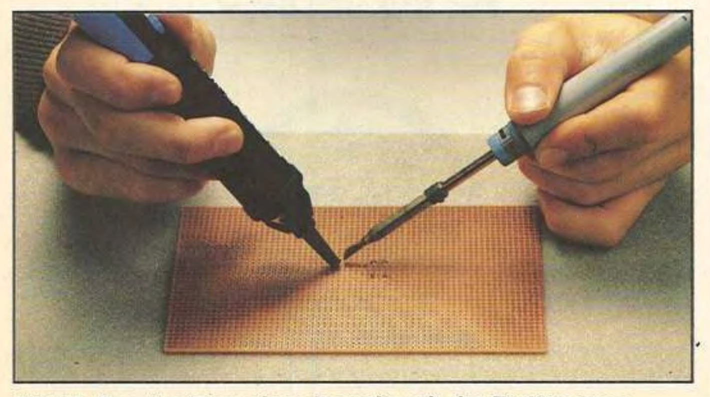


Bild 10. Das Auslöten eines Bauteils mit der Entlötpumpe

Die Vorgehensweise mit Hilfe der Pumpe ist folgendermaßen: Zuerst spannen Sie die Pumpe, dann führen Sie den heißen Lötkolben mit der einen Hand an die zu entlötende Stelle. Gleichzeitig führen Sie mit der anderen Hand die Entlötpumpe möglichst dicht an die Entlötstelle heran. Sobald das Zinn flüssig ist, nehmen Sie den Lötkolben weg, drücken dann sehr rasch die Spitze der Pumpe über Anschlußdraht und Lötstelle fest gegen die Platine und lösen den Pumpenkolben aus (Bild 10). Das Lötzinn wird jetzt von der Lötstelle weg in die Spitze der Pumpe gesaugt. Der Vorgang des Andrückens und Auslösens sollte sehr schnell passieren, da sonst das Lötzinn schon wieder erstarrt ist, bevor die Pumpe ihre Arbeit verrichten kann. Nach zwei oder drei Entlötvorgängen müssen Sie die Spitze der Pumpe vom Lötzinn befreien. Dazu genügt es, die Spitze abzuziehen und das Lötzinn mit einem Drahtende aus der Spitze herauszustoßen.

Bei Bauteilen mit vielen Anschlüssen sollten Sie beim Auslöten ebenfalls mit vielen Zwischenpausen vorgehen, damit das Bauteil auch hier wieder genügend Zeit zum Abkühlen hat. Bei einem defekten Bauteil dürfen Sie trotzdem nicht zulange mit dem Lötkolben an einer Stelle herumarbeiten, da sich sonst der Kleber, mit dem die Kupferschicht auf der Platine befestigt ist, erwärmt. Die Folge wäre ein Ablösen der Leiterbahn.

Insgesamt empfiehlt sich eine Lötzeit von maximal fünf Sekunden pro Bauteil. Handelt es sich bei dem Bauteil um einen sehr kleinen Halbleiter, so sollten drei Sekunden nicht überschritten werden.

Auslöten ist (k)eine Kunst

Eine gute Methode bei defekten Bauteilen, die ohnehin nicht mehr gebraucht werden, ist das Abtrennen der Anschlußdrähte dicht am Gehäuse mit Hilfe eines Seitenschneiders. Die stehengebliebenen Anschlußbeinchen können danach in aller Ruhe einzeln unter Zuhilfenahme einer Pinzette von der Platine entfernt werden.

Eine billige und trotzdem ganz brauchbare Methode zum Auslöten integrierter Schaltungen möchten wir zum Schluß noch erwähnen. Besorgen Sie sich in der Apotheke eine Injektionsnadel der Größe 1. Diese Nadel ist 0,9 Millimeter dick. Da die Nadel hohl ist, können Sie sie nach Erwärmen der Lötstelle über das IC-Beinchen in das Loch in der Platine schieben. Der Edelstahl, aus dem die Nadel besteht, nimmt kein Lötzinn an. Nach Erkalten der Lötstelle können Sie die Nadel ohne Probleme wieder aus dem Loch herausziehen, mit dem Erfolg, daß das Anschlußbeinchen des ICs jetzt frei ist. Bevor Sie allerdings mit der Nadel arbeiten, sollten Sie die Spitze plan schleifen. Diese Methode funktioniert auch nur, wenn das Bohrloch mindestens einen Durchmesser von 0,9 Millimeter hat. Abgeschaut wurde diese Art des Auslötens von einer Methode, bei der das Lötzinn mit Hilfe eines speziellen Hohlbohrers zwischen Anschlußdraht und Platine weggebohrt wird. Die einzige unangenehme Eigenschaft des Hohlbohrers ist der hohe Preis. Die Gefahr, daß Bauteile beim Auslöten überhitzt werden, ist beim Arbeiten mit dem Hohlbohrer aber überhaupt nicht vorhanden.

So, soweit unsere Tips zum Entlöten von Bauteilen. Natürlich setzt auch diese Arbeit, wie schon das Einlöten, einige Übung voraus. Am besten ist es, wenn Sie sich einmal eine alte Platine zur Hand nehmen, die Sie nicht mehr benötigen. Hier können Sie sich dann nach Herzenslust austoben und das Entlöten ohne größere Verluste probieren. Wenn Sie öfters ICs auslöten, so lohnt sich für Sie vielleicht sogar ein Entlötaufsatz für den Lötkolben. Dieser Aufsatz erwärmt sämtliche Beinchen eines ICs auf einmal, und Sie können das Bauteil dann, ohne eine Beschädigung befürchten zu müssen, herausziehen. (H. Zwartscholten/ks)

Testplatinen für den Hobby-Bastler

Sie möchten elektronische Bastelanleitungen nachbauen, ohne Platinen zu ätzen? Dann brauchen Sie Experimentierplatinen. Wir zeigen Ihnen hier, was es gibt und was für Sie am besten geeignet ist.

Sie finden in dieser Ausgabe kleinere Bauanleitungen und Experimente, für die sich das Herstellen einer speziellen Platine nicht lohnt. Um dennoch zu einem guten Ergebnis zu kommen, gibt es verschiedene Möglichkeiten, um eine Schaltung aufzubauen. Bei den hier zuerst beschriebenen Schaltungsaufbauten mittels Experimentier- oder Testplatine besteht in den meisten Fällen sogar die Möglichkeit, den Versuchsaufbau auch gleich in ein Gehäuse oder das zu modifizierende Gerät einzubauen.

Beim Aufbauen digitaler Schaltungen mit vielen ICs arbeitet man am besten mit einer Lochraster- oder Lochstreifenplatine. Diese speziellen Platinen im Europakartenformat (160 x 100 mm) sind mit sehr vielen Bohrungen versehen und haben auf der Rückseite entweder einen Lötpunkt aus Kupfer um jede Bohrung oder ganze Leiterbahnstreifen, die eine Reihe von Bohrungen miteinander verbinden. Für Testaufbauten mit ICs im DIL-Gehäuse benötigt man die Platine mit dem Rastermaß 2,5 mm (Bild 1). Die Plazierung der einzelnen Bauelemente auf der Platine kann genauso erfolgen, wie die Bauelemente im Schaltplan abgebildet sind. Alle Bauteile werden auf der Platinenunterseite verlötet. Bei ICs empfiehlt sich die Verwendung von Fassungen. Die einzelnen Verbindungen werden laut Schaltplan mit isolierter Schaltlitze hergestellt. Bei der Lochrasterplatine müssen alle Verbindungen mit Schaltlitze hergestellt werden. Die Lochstreifenplatine enthält dagegen schon einige Verbindungen. Hier müssen die Leiterbahnen an bestimmten Punkten mit einem speziellen Leiterbahnunterbrecher oder einem kleinen Fräser unterbrochen werden, um unerwünschte Verbindungen zu beseitigen.

Eine sauber auf Lochrasterplatine aufgebaute Schaltung eignet sich sogar zum direkten Einbau. Ein Nachteil der bis jetzt beschriebenen Verfahren ist die schlechte Wiederverwendbarkeit der Platinen. Schon nach zweimaligem Auf- und Abbau einer Schaltung ist die Platinenunterseite derart mit Lötzinn verschmiert und die Bohrlöcher sind mit Lötzinn so verstopft, daß sich die Platine für weitere Versuchsaufbauten kaum noch eignet. Dieser Nachteil wird bei der Fädeltechnik vermieden. Dabei wird zwar auch gelötet, aber die verwendete Lochrasterplatine hat keine Kupferauflage. Die Bauteile werden wie bei der vorherigen Methode in die Platine eingesteckt. Auf der Rückseite der Platine werden die Anschlußdrähte der Bauelemente mit einem speziellen Abkantwerkzeug umgebogen, so daß sie nicht aus der Platte herausfallen können. Anschließend kommt der Fädelstift zum Einsatz (Bild 1). Dieser hohle Stift hat an seinem oberen Ende eine kleine Spule mit lackiertem Draht. In dem Stift kann der Draht durch einen Druckknopf eingeklemmt werden. Dadurch ist es möglich, den Draht fest um einen mit einer Verbindung zu versehenden Bauteilanschluß herumzuwickeln. Nach dem Umwickeln wird der Draht durch Freigabe des Knopfes gelöst und man fährt mit dem Stift zum nächsten zu verbindenden Punkt. Auch hier wird der Draht wieder um den Bauteilanschluß herumgewickelt. Die Verbindung zwischen zwei Schaltungspunkten ist damit geschaffen. Soll noch ein weiterer Punkt in die Verbindung miteinbezogen werden, dann fährt man mit dem Stift einfach zur nächsten Verbindungsstelle und wiederholt den Wickelvorgang, ansonsten wird der Draht abgeschnitten. Die umwickelten Bauteilenden müssen jetzt noch mit dem Draht verlötet werden. Beim Lötvorgang schmilzt die Drahtlackierung und ermöglicht somit eine einwandfreie Lötverbindung. Für Drähte, die über größere Entfernungen auf der Platine gezogen werden müssen, gibt es Verdrahtungskämme. Diese Kämme sorgen für eine gute mechanische Führung der Verbindungsdrähte. Einem Drahtverhau wird somit erfolgreich entgegengewirkt. Damit die verschiedenen Verbindungen auch nachträglich gut verfolgt werden können, gibt es Drähte in verschiedenen Farben. Die Fädeltechnik eignet sich zum experimentellen Aufbau ebenso wie zum festen Aufbau von Schaltungen. Ganz billig ist die Fädeltechnik allerdings nicht. Außerdem hat sie den für reine experimentelle Schaltungsaufbauten großen Nachteil, daß alle Verbindungspunkte noch festgelötet werden müssen. Dies erschwert das beim Experimentieren nötige schnelle Auswechseln von Bauteilen.

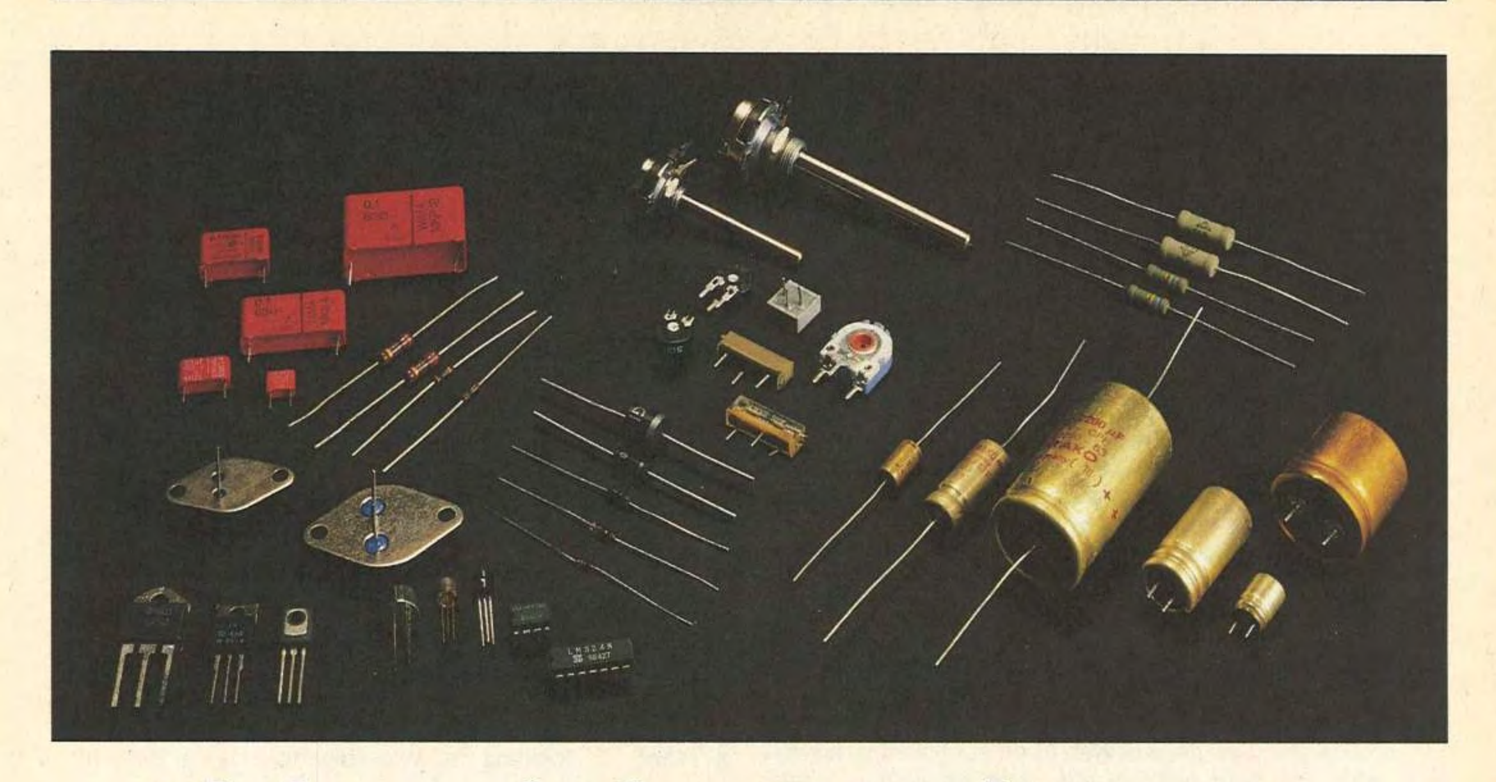
Ein lötfreier Aufbau ist für reine Experimentierschaltungen daher besser geeignet. Zu diesem Zweck gibt es eine ganze Palette von Versuchsbrettern. Bei diesen Stecksystemen werden die Bauteileanschlüsse in Kontaktklammern eingeführt. Jeweils mehrere Klammern, meistens fünf, sind miteinander in einer Reihe verbunden und stellen damit einen Teil der Verbindungen her. Die restlichen Verbindungen werden duch Einstecken von Schaltdrähten erreicht. Falls man mit bestimmten Bauteilwerten experimentieren möchte, so ist das Austauschen dieser Bauteile durch den lötfreien Aufbau kein Problem und kann sehr schnell geschehen. Schaltungen, die auf Steckbretter aufgebaut werden, eignen sich natürlich nicht zum direkten Einbau. Um eine Schaltung jedoch direkt vom Steckbrett übernehmen zu können, gibt es spezielle Platinen mit einer Leiterbahnanordnung wie auf dem Steckbrett.



Bild 1. Mit diesen Platinen lassen sich Schaltungen ohne jeglichen Ätzaufwand problemlos aufbauen

Für welches System man sich entscheidet, ist letztendlich eine Kostenfrage und die Frage nach der Häufigkeit, mit der eine Schaltung aufgebaut oder modifiziert werden soll. Für reine Schaltungsnachbauer dürfte hier eine Lochraster- oder Lochstreifenplatine am günstigsten sein. Für den etwas versierteren Hobby-Bastler, der gelegentlich auch eigene Schaltungen entwickelt, ist die Fädeltechnik ideal. Die Steckbretter sollten dem halbprofessionellen Schaltungsentwickler überlassen werden. (H. Zwartscholten/ah)


64er-online.de
64er-online.net



Elektronische Bauelemente in Theorie und Praxis

Um eine elektronische Schaltung zu verstehen und gegebenenfalls zu reparieren, muß man wissen, wie die verwendeten Bauteile funktionieren und was sie machen. Deshalb vermitteln wir Ihnen an dieser Stelle das erforderliche Grundlagenwissen. Vom Widerstand bis hin zum Operationsverstärker wird alles beschrieben, was für den Aufbau beliebiger Schaltungen erforderlich ist.

In der 64'er finden Sie des öfteren, ebenso wie in diesem Heft, Bauanleitungen zum Aufbau von Zusatzgeräten für Ihren Computer. Der nachfolgende Artikel soll eine kleine Hilfestellung für all jene sein, die bisher wenig mit Elektronik zu tun hatten, aber gerne wissen möchten, wie die eine oder andere Schaltung funktioniert und was die einzelnen Bauteile bewirken.

Für die verschiedensten Anwendungen gibt es in der Elektronik die unterschiedlichsten Bauelemente. Das fängt bei den einfachen Bauteilen wie Widerständen, Kondensatoren etc. an und endet bei komplexen hochintegrierten Schaltungen wie Mikroprozessoren, Analog-Digital-Wandlern und anderen Spezialbausteinen. Auch wenn man selber keine Schaltungen entwickeln möchte, so ist für das Verständnis von Bauanleitungen, die in letzter Zeit häufiger in der 64'er erscheinen, und für den Nachbau dieser Schaltungen ein Wissen über Aufbau und Funktion der verwendeten Bauteile nahezu unerläßlich. Denn genau wie beim Abtippen eines Listings können sich auch beim Nachbau einer Schaltung Fehler einschleichen. Wenn Sie dann bei der Fehlersuche nicht wissen, wie zum Beispiel ein Transistor funktioniert, wird es für Sie praktisch unmöglich sein, Schaltungsfehler zu finden.

Das wohl am häufigsten verwendete Bauelement in der Elektronik, welches in nahezu jeder Schaltung zu finden ist, ist der Widerstand. Er gehört zur Gruppe der passiven Bauteile. Passiv heißt in diesem Fall: es findet keine Spannungs-, Strom- oder Leistungsverstärkung statt. Um zu erläutern, was überhaupt ein elektrischer Widerstand ist, kann als Beispiel das Fließen von Wasser in einem Leitungsrohr herangezogen werden. Die Wassermenge pro Zeiteinheit entspricht hierbei der Größe des elektrischen Stroms, der Druck, mit dem das Wasser durch die Leitung befördert wird, entspricht der elektrischen Spannung. Bei einem gegebenen Wasserdruck fließt je nach Durchmesser des Rohres eine bestimmte Menge Wasser. Vergrößert man den Durchmesser des Rohres, so wird auch mehr Wasser fließen, verkleinert man den Durchmesser dagegen, dann fließt entsprechend weniger Wasser durch das Rohr.

Widerstände

Bei einem elektrischen Stromkreis ist das nicht anders. Hier entspricht der elektrische Widerstand dem Durchmesser des Rohres. Bei gegebener Spannung (analog dem Wasserdruck) fließt demnach, je nach Größe des Widerstandes, ein ganz bestimmter Strom (analog der Wassermenge). Wie beim Wasserrohr die Menge des Wassers durch Verändern des Wasserdrucks variiert werden kann, so ist beim Stromkreis mit gegebenem Widerstandswert die Stromgröße durch Verändern der Spannung beeinflußbar. Für die Beziehung zwischen Strom, Spannung und Widerstand gibt es in der Elektrotechnik ein einfaches, elementares Gesetz. Dieses lautet:

$U=R*I$

(in Worten: Spannung ist gleich Strom mal Widerstand).

Diese Dreierbeziehung nennt man das Ohmsche Gesetz. Die Maßeinheit des elektrischen Widerstands ist Ohm.

Wir haben soeben den Widerstand rein definitionsmäßig betrachtet. Uns interessiert aber der Widerstand als Bauelement. Es gibt davon drei Arten und zwar die Festwiderstände, die veränderbaren und die veränderlichen Widerstände.

Festwiderstände sind Bauelemente, die einen festen definierten Widerstandswert besitzen. Sie werden benutzt, um in elektronischen Schaltungen Ströme einzustellen oder Spannungen in bestimmten Verhältnissen zu teilen. Ein Beispiel hierzu (Bild 1): Sie haben ein Bauteil, das für einen ganz bestimmten maximalen Strom ausgelegt ist. Nehmen wir an, das sind 15 Milliampere. Die Spannung, die dabei am Bauteil abfällt, kennen wir ebenfalls. In unserem Fall soll sie 1,5 Volt betragen. Zur Versorgung steht eine Spannungsquelle mit 5 Volt zur Verfügung. An unserem Widerstand muß also, bei einem Strom von 15 mA, eine Spannung von 5 - 1,5 Volt = 3,5 Volt abfallen. Da wir den Widerstandswert errechnen wollen, wird das Ohmsche Gesetz in R=U/I umgestellt. Unsere Werte, in die Formel eingesetzt, ergeben R=3,5/(15 * 10EXP -3) = 233,33 Ohm. Wenn Sie jetzt in einen Elektronikladen gehen und einen Festwiderstand mit genau diesem Wert verlangen, dann wird der Verkäufer Ihnen sicher sagen, daß es einen Widerstand mit diesem Wert überhaupt nicht zu kaufen gibt. Man hat sich nämlich auf ganz bestimmte Werte beschränkt und diese Reihe von Widerstandswerten genormt. Die Werte dieser Reihe sind so aufgebaut, daß man durch Parallel- oder Serienschaltung jeden beliebigen Widerstandswert erreichen kann. Für Widerstände kleinerer Leistung gelten die IEC-Reihen E12 und E24 (Tabelle 1). Es gibt auch noch die Reihe E6, diese wird aber kaum benutzt.

Damit Sie sich die Werte durch Parallel- oder Serienschaltung errechnen können, hier die erforderlichen Formeln (Bild 2).

Serienschaltung:
$R_{ges}=R_1+R_2+..+R_n$

Parallelschaltung:
$1/R_{ges}=1/R_1+1/R_2+..+1/R_n$

Bei zwei Widerständen vereinfacht sich die Formel für die Parallelschaltung auf:

$R_{ges}=R_1 * R_2/(R_1+R_2)$

Der Wert eines Widerstandes wird durch Zahlen oder durch eine Farbkennzeichnung in Form von Ringen, Streifen oder Punkten auf dem Widerstandskörper angegeben. Die Farbkennzeichnung ist dabei folgendermaßen aufgeschlüsselt (Tabelle 2).

1. Ring:	1. Ziffer des Widerstandswertes
2. Ring:	2. Ziffer des Widerstandswertes
3. Ring:	Wert mit dem die aus Ziffer 1 und 2 gebildete Zahl multipliziert wird
4. Ring:	Toleranz des Widerstandswertes in Prozent

Ein Beispiel:
Ein Widerstand hat von links nach rechts (der Ring, der sich am dichtesten an einem der Anschlußdrähte befindet, ist immer der linke oder erste Ring) folgende Farbringe: Orange-Weiß-Rot-Silber.

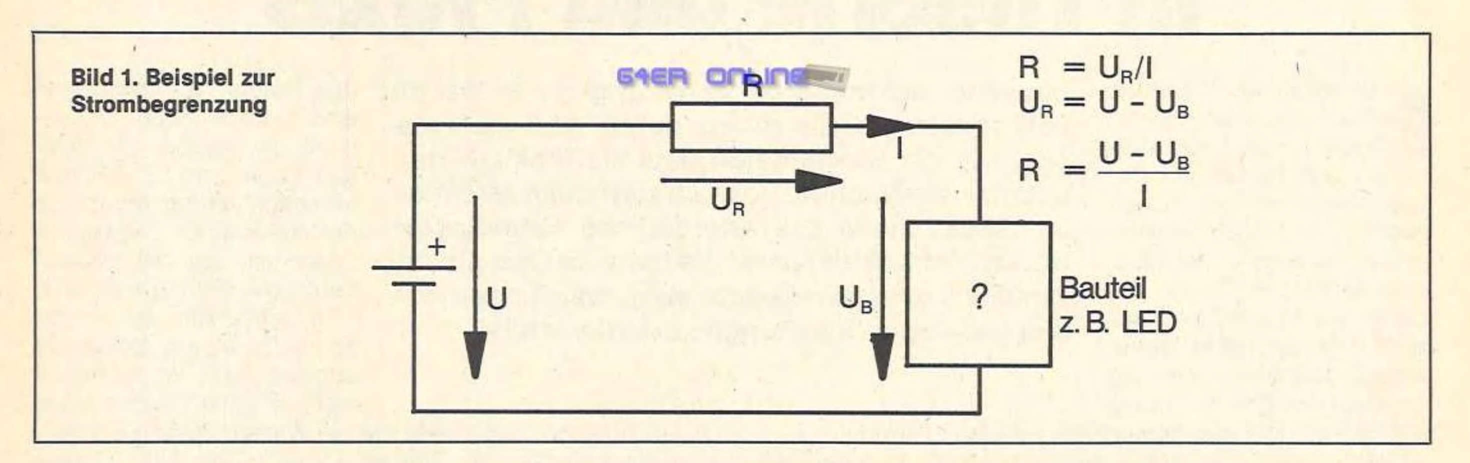


Bild 1. Beispiel zur Strombegrenzung

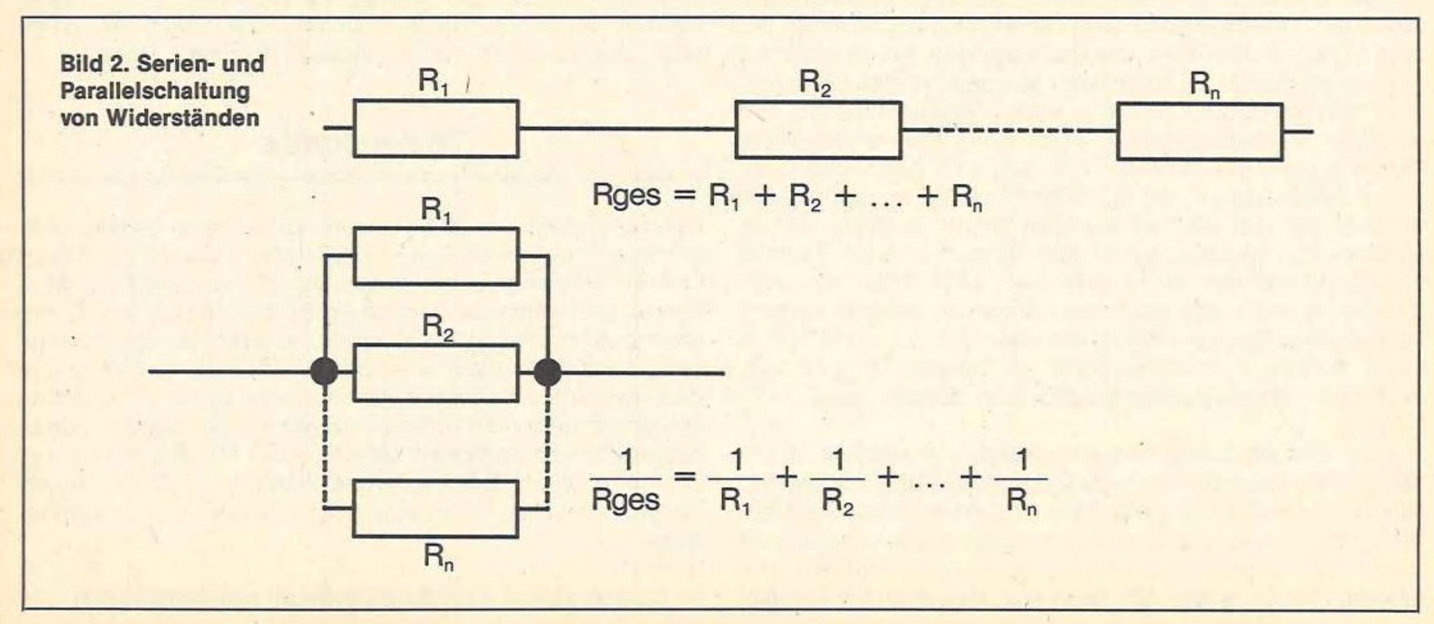


Bild 2. Serien- und Parallelschaltung von Widerständen

Daraus ergibt sich der Wert des Widerstandes folgendermaßen:

Orange	Weiß	Rot	Silber
3	9	*100	±10%
=39 Ohm		*100	= 3,9 Kiloohm

Der durch den Widerstand fließende Strom und die dabei an ihm abfallende Spannung erzeugen eine elektrische Leistung. Diese Leistung kann mit der Formel P=U*I errechnet werden. Die am Widerstand entstehende Leistung wird voll in Wärme umgesetzt. Wie alle elektronischen Bauteile sind Widerstände auch nur bis zu einer bestimmten Grenze belastbar. Leider ist die Belastbarkeit nicht auf dem Widerstandskörper angegeben. Erfahren können Sie die Belastbarkeit nur aus der Größe des Widerstandes. Damit Sie eine Vorstellung über das Verhältnis Größe zur Belastbarkeit bekommen, sind im Bild auf Seite 25 rechts oben und links unter den roten Kondensatoren die gängigen Widerstandsgrößen dargestellt.

Die üblicherweise verwendeten Festwiderstände bestehen aus einer Kohleschicht. Für besondere Anforderungen gibt es auch noch Widerstände aus Metalloxid- oder Metallschicht. Für hohe Belastungen werden die Widerstände aus aufgewickeltem Widerstandsdraht hergestellt.

Kommen wir noch einmal auf eine Anwendung der Widerstände zurück und zwar zum Spannungsteiler (Bild 3). Er besteht aus der Serienschaltung zweier Widerstände. Diese sind an die Gesamtspannung U angeschlossen. Im unbelasteten Fall, das heißt, dem Spannungsteiler wird kein Strom entnommen, teilt sich die Gesamtspannung U proportional zum Verhältnis der beiden Widerstände in die beiden Teilspannungen U_1 und U_2 auf. Sobald man den Spannungsteiler belastet, stimmt dieses Verhälnis nicht mehr. Dies kann verhindert werden, indem bei der Berechnung des Teilers der Lastwiderstand miteingerechnet wird, oder man sorgt bei variablem Verbraucherstrom dafür, daß der Strom I etwa zehnmal so groß ist wie der maximale Laststrom I_L.

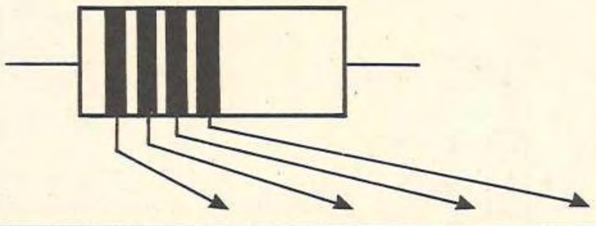
In vielen Fällen ist vorher nicht genau bekannt, in welchem Verhältnis die Spannung geteilt werden muß. Da es unbequem ist, in einer Schaltung probeweise immer einen Widerstand aus- und einzubauen, nimmt man in diesem Fall einen veränderbaren Widerstand. Das ist ein Trimmwiderstand oder ein Potentiometer (oben im Bild auf Seite 25). Trimmwiderstände sind für einmalige Einstellvorgänge bestimmt. Sie sind deshalb nur mit entsprechendem Werkzeug (Schraubendreher) zu verstellen. Potentiometer sind für immer wiederkehrende Einstellvorgänge (Lautstärke beim Radio) zu verwenden. Bei den Potentiometern gibt es Typen mit linearer und logarithmischer Einstellkennlinie. Das heißt, bei einem linearen Poti ändert sich der Widerstand linear mit dem Drehwinkel, beim logarithmischen dagegen, wie nicht anders zu erwarten, ändert sich der Widerstand in einer logarithmischen Kurve (Bild 4).

Die letzte Gruppe sind die veränderlichen Widerstände. Bei diesen Widerständen wird der Widerstandswert durch verschiedene äußere Einflüsse verändert.

Widerstände, die ihren Wert mit der Temperatur verändern, nennt man Kalt- oder Heißleiter. Ein Kaltleiter (PTC) hat bei niedrigen Temperaturen einen geringen Widerstandswert (Glühlampe). Dieser nimmt mit steigender Temperatur zu. Heißleiter (NTC) sind das Gegenstück zu den Kaltleitern. Ihr Widerstandswert sinkt mit steigender Temperatur. Dabei ist zu beachten, daß zwischen Temperatur und Widerstandswert kein linearer Zusammenhang besteht (Bild 5). Temperaturabhängige Widerstände werden vor allen Dingen für Meßzwecke oder zur Spannungsstabilisation verwendet. Der auf den Widerstand aufgedruckte Wert stimmt mit dem Wert bei einer Temperatur von 25 Grad Celsius überein.

E 6	E 12	E 24
1,0	1,0	1,0
		1,1
	1,2	1,2
		1,3
1,5	1,5	1,5
		1,6
	1,8	1,8
		2,0
2,2	2,2	2,2
		2,4
	2,7	2,7
		3,0
3,3	3,3	3,3
		3,6
	3,9	3,9
		4,3
4,7	4,7	4,7
		5,1
	5,6	5,6
		6,2
6,8	6,8	6,8
		7,5
	8,2	8,2
		9,1

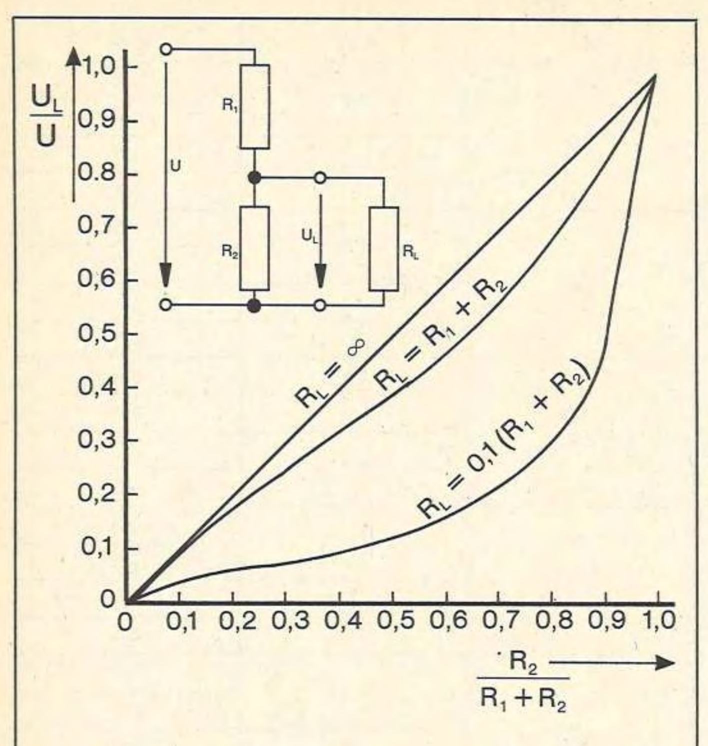
Tabelle 1. Widerstands-Normreihen E6, E12, E24



Farbe	1. Ziffer	2.Ziffer	Multiplikator	Toleranz
Schwarz	0	0	x 1Ω	-
Braun	1	1	x 10 Ω	±1%
Rot	2	2	x 100 Ω	± 2%
Orange	3	3	x 1 kΩ	-
Gelb	4	4	x 10 kΩ	-
Grün	5	5	x 100 kΩ	± 0,5%
Blau	6	6	x 1 MΩ	-
Violett	7	7	x 10 MΩ	-
Grau	8	8	-	-
Weiß	9	9	-	-
Gold	-	-	x 0,1Ω	± 5%
Silber	-	-	x 0,01Ω	± 10%
keine	-	-	-	± 20%

Tabelle 2. Farbschlüssel für Widerstände

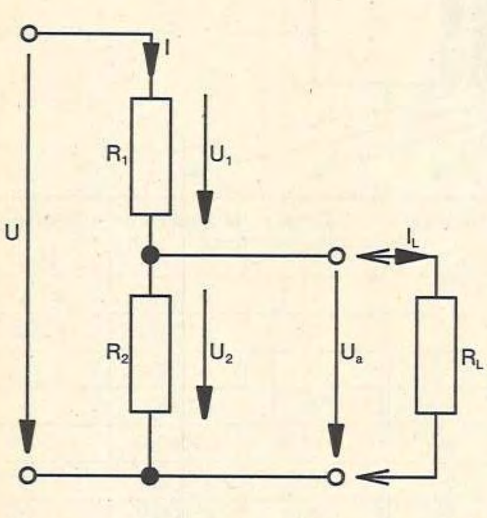
Lichtabhängige Widerstände nennt man auch kurz LDR (Light Dependent Resistor). Diese Widerstände ändern ihren Widerstandswert je nach Größe der Belichtung, der sie ausgesetzt sind. Dabei sind LDR, je nach Typ, für bestimmte Wel-



$$\frac{U_a}{U} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{R_2}{R_1}$$

a) Spannungsteiler unbelastet



$$\frac{U_2}{U} = \frac{R_p}{R_1 + R_p} \qquad R_p = \frac{R_2 \cdot R_L}{R_2 + R_L}$$

$$\frac{U_a}{U_1} = \frac{R_p}{R_1}$$

b) Spannungsteiler belastet

Bild 3. Spannungsteiler und Kennlinie eines belasteten Spannungsteilers

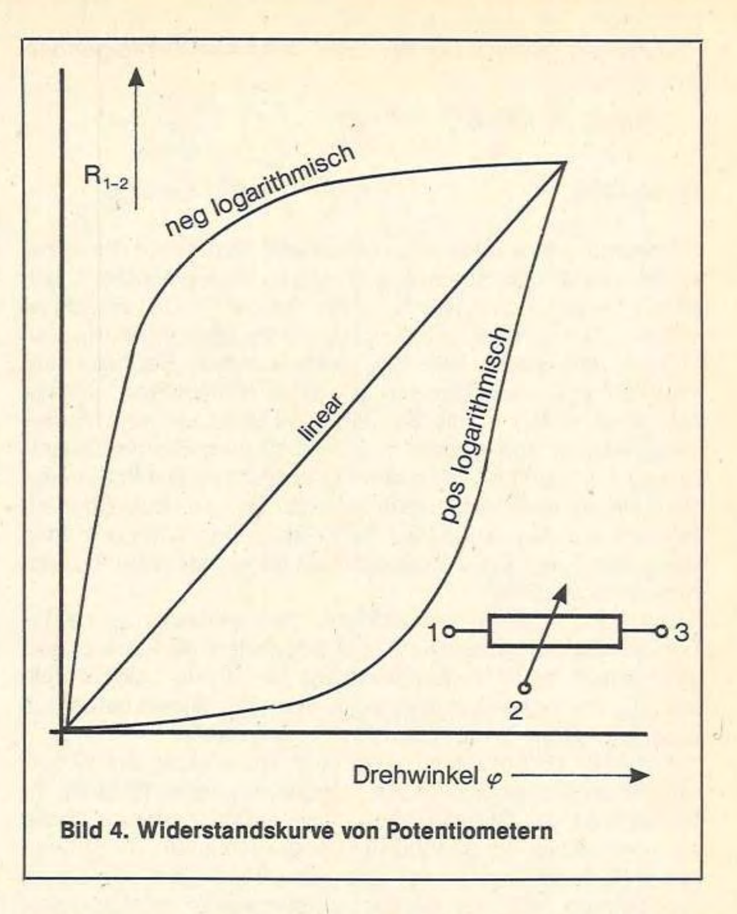


Bild 4. Widerstandskurve von Potentiometern

lenlängen des Lichtes besonders empfindlich. Sie werden im wesentlichen für Meßzwecke (Belichtungsmesser) eingesetzt. LDRs reagieren relativ träge auf Änderungen des Lichtes. Sie sind also nur dort einzusetzen, wo es nicht auf schnelle Reaktion ankommt.

Eine weitere Gruppe der veränderlichen Widerstände sind die spannungsabhängigen Widerstände (VDR oder Varistor). Der Widerstandswert nimmt bei steigender Spannung stark ab. Verwendet werden diese Widerstände zur Spannungsstabilisation und zum Schutz von Bauteilen gegen Überspannungen.

Kondensatoren

Ein weiteres, sehr häufig verwendetes Bauelement ist der Kondensator. Er besteht im wesentlichen aus zwei sich gegenüberstehenden Metallplatten, zwischen denen sich Luft oder ein anderer isolierender Stoff befindet. Zum Verständnis der Funktionsweise schließen wir einen Kondensator in Reihe mit einem Widerstand und einem Schalter an eine Spannungsquelle an (Bild 6). Auf die Frage, was dabei passiert, wenn der Schalter geschlossen wird, werden Sie vielleicht antworten: Es passiert nichts, da zwischen den Kondensatorplatten keine leitende Verbindung besteht und der Stromkreis somit nicht geschlossen ist. Aber es passiert doch etwas. Um zu erkennen, was geschieht, bauen wir in die Schaltung ein Strommeßgerät ein. Beim Schließen des Schalters werden Sie sehen, daß der Zeiger des Meßgerätes ausschlägt und langsam in die Ausgangsstellung zurückfällt. Das beweist, daß für kurze Zeit, nach dem Betätigen des Schalters, ein Strom fließt. Um das Ganze etwas anschaulicher darzustellen, wollen wir einen analogen physikalischen Vorgang betrachten (Bild 7). Auf einer Balkenwaage stehen zwei halb mit Wasser gefüllte Eimer. Beide Eimer sind über einen Schlauch miteinander verbunden. In dem Schlauch ist eine Pumpe und ein Flügelrädchen integriert. Sobald die Pumpe eingeschaltet wird, pumpt sie Wasser von einem


Bücher zum Commodore 64
64er online
64er-online.de
64er-online.net

Bild 5. Kennlinie für Heiß- (R25=100kΩ und R25=1 MΩ) und Kaltleiter

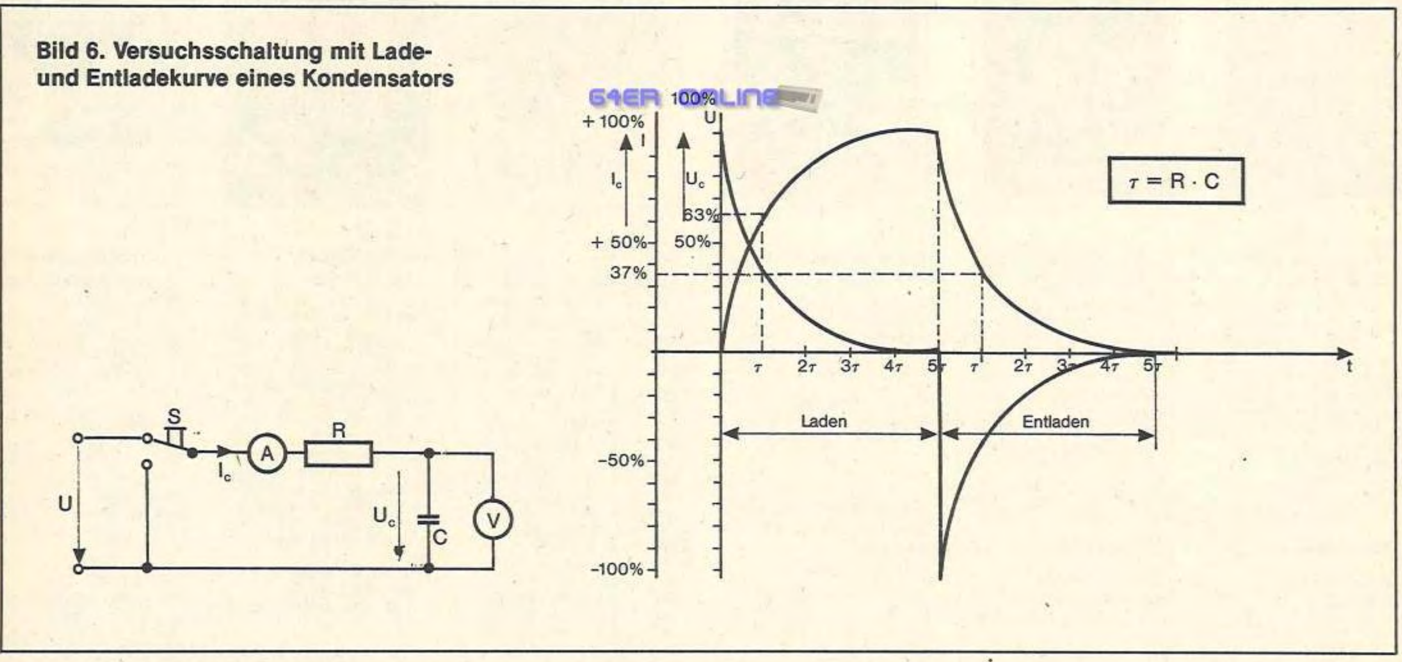


Bild 6. Versuchsschaltung mit Lade- und Entladekurve eines Kondensators

Eimer in den anderen. Das strömende Wasser treibt dabei das Flügelrädchen an. Dies passiert aber nur so lange, wie Wasser in beiden Eimern ist. Wenn der eine Eimer leer ist, fließt kein Wasser mehr und das Flügelrädchen steht wieder still. Unsere Schaltung funktioniert genauso. Die Eimer entsprechen den Platten des Kondensators, die Pumpe der Spannungsquelle und das Flügelrädchen dem Meßgerät. Der Widerstand in unserer Schaltung wird durch den Leitungsquerschnitt des Schlauches dargestellt. Die Rolle des Wassers wird von den Elektronen übernommen. Da unsere Kondensatorplatten aus Metall sind, sind auf ihnen genügend freie Elektronen als Ladungsträger vorhanden. Beim Einschalten des Stromkreises mit dem Schalter, was dem Einschalten der Pumpe gleichkommt, werden von der einen Kondensatorplatte diese Elektronen abgesaugt und auf die andere Platte gebracht. Das Fließen von Elektronen ist aber gleichbedeutend mit dem Fließen eines Stroms. Genauso, wie der Eimer einmal leer wird, sind auch zu einem bestimmten Zeitpunkt auf der einen Kondensatorplatte keine freien Elektronen mehr vorhanden. Der Strom hört dann auf zu fließen.

Auch zur Balkenwaage können wir in unserem Schaltkreis eine Analogie finden. Dazu schließen wir parallel zum Kondensator ein Spannungsmeßgerät an. Genauso, wie die Balkenwaage sich mit unterschiedlicher Füllung der Eimer immer mehr neigt, schlägt auch der Spannungsmesser mit zunehmender Ladung des Kondensators immer weiter aus. Dieser Meßgeräteausschlag bleibt auch dann erhalten, wenn

kein Strom mehr fließt und wir den Schalter wieder geöffnet haben. Eine Spannung zwischen zwei Leitern entsteht immer dann, wenn sich unterschiedliche Ladungen zwischen zwei Leitern befinden.

Beim Kondensator wird dieser Ladungsunterschied zwischen den Platten durch die negativ geladenen Elektronen, die auf der einen Platte konzentriert sind und auf der anderen Platte fehlen, verursacht. Der Stromfluß und damit die Ladung des Kondensators ändert sich mit einer e-Funktion (Bild 6).

Die Zeit, die verstreicht, bis der Kondensator mit 63% seines Endwertes geladen ist, wird mit t bezeichnet. Der Wert t kann durch Multiplikation von Widerstands- und Kondensatorwert (t=C * R) errechnet werden. Nach einer Zeit von 5 t hat der Kondensator 99% seines Ladungsendwertes erreicht. Dadurch, daß sich die Ladungen auf den Kondensatorplatten nicht verändern, ist der Kondensator ein elektrischer Energiespeicher. Dies wird ausgenutzt, um zum Beispiel in einem Netzgerät den noch welligen gleichgerichteten Strom zu glätten. Die Ladung kann von den Kondensatorplatten natürlich auch wieder entfernt werden. Dazu braucht man die Spannungsquelle nur durch einen Draht zu ersetzen. Beim Schließen des Schalters fließt solange Strom, bis auf beiden Kondensatorplatten wieder die gleiche Anzahl Elektronen vorhanden ist.

In unserem Beispiel mit den Eimern geschieht der Ausgleich durch eine direkte Verbindung zwischen den Eimern. Öffnet man das Ventil in dieser Verbindung, dann strömt solange Wasser durch die Leitung, bis sich in beiden Eimern wieder gleichviel Wasser befindet.

Der Effekt der Ladungsspeicherung und langsamen Ladung des Kondensators wird zum Aufbau von elektronischen Verzögerungsgliedern und zur Impulserzeugung ausgenutzt. Die Größe oder Kapazität eines Kondensators wird in Farad gemessen. Sie ist abhängig von der Größe der Platten, ihrem Abstand zueinander und von der Qualität des Isoliermaterials, auch Dielektrikum genannt, das sich zwischen den Platten befindet. Übliche Kapazitätswerte gehen bis etwa 10 Millifarad. Genau wie bei den Widerständen sind auch die Werte für die einzelnen Kondensatoren nach den E-Reihen genormt.

Das Verhalten des Kondensators bei Wechselspannung unterscheidet sich erheblich von dem soeben besprochenen Verhalten bei Gleichspannung. Eine Wechselspannung ändert mit einer bestimmten Frequenz »f« die Polarität. Bei der Netzspannung ändert sie sich zum Beispiel 50mal pro Sekunde, also mit einer Frequenz von 50 Hertz. Bei einem an eine Wechselspannung angeschlossenen Kondensator ändert sich die Polarität an den Platten mit der gleichen Frequenz. Bei jedem Polaritätswechsel der Spannung wird die Platte, die gerade noch geladen wurde, wieder entladen. Die andere Platte, die entladen wurde, wird jetzt wieder aufgeladen. Durch diese dauernden Lade- und Entladevorgänge fließt ein Wechselstrom. Sein Wert wird von der Größe und Frequenz der Spannung und der Kapazität des Kondensators bestimmt. Da eine Spannung am Kondensator anliegt und ein Strom durch ihn hindurchfließt, ist der Kondensator nach dem Ohmschen Gesetz für eine Wechselspannung nichts weiter als ein Widerstand. Bei einer bestimmten Frequenz hat ein Kondensator einen bestimmten Widerstand, der nur von der Größe des Kondensators abhängt. Die Bezeichnung für den Wechselstromwiderstand eines Kondensators ist Xc. Der Wert errechnet sich zu Xc=1/(2*Pi*f*C). Wie aus der Formel ersichtlich ist, wird der Wechselstromwiderstand eines Kondensators mit zunehmender Frequenz immer kleiner. Das wird technisch dazu genutzt, um aus einem Signalgemisch bestimmte Frequenzen auszufiltern (Frequenzweiche in der Lautsprecherbox).

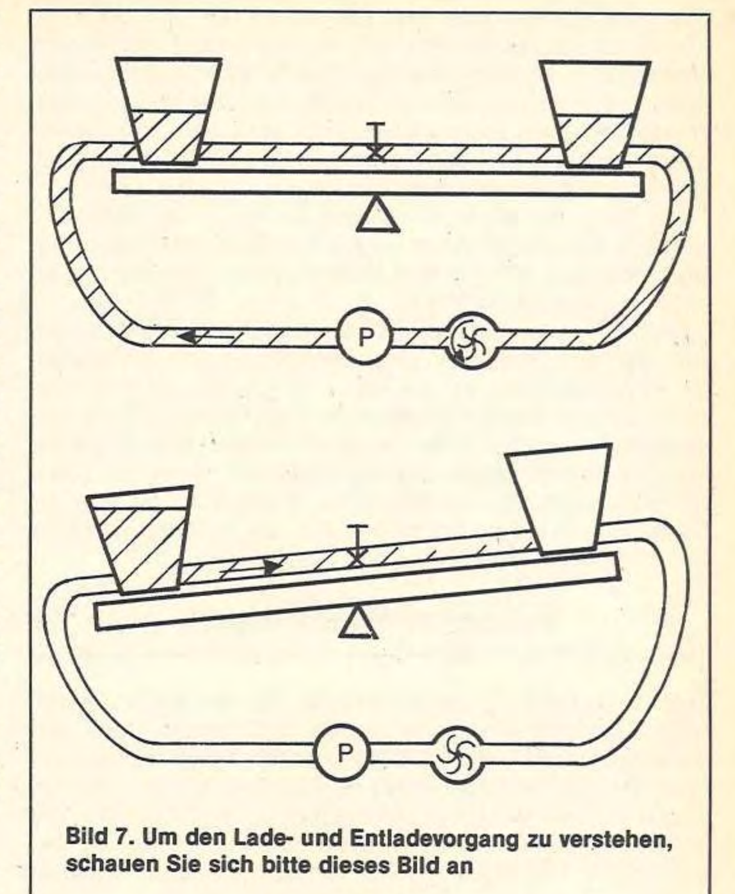


Bild 7. Um den Lade- und Entladevorgang zu verstehen, schauen Sie sich bitte dieses Bild an

Bauformen von Kondensatoren

Kondensatoren im Picofarad-Bereich werden meist aus Keramik hergestellt. Ein Rohr oder ein Plättchen aus einer Keramikmasse wird dabei von beiden Seiten, beim Rohr innen und außen, mit einem Metallbelag versehen. Dies sind die beiden Platten des Kondensators. Die Keramikmasse übernimmt die Funktion des Dielektrikums.

Bei Papierkondensatoren besteht das Dielektrikum aus Zellulosepapier, während die Platten oder Beläge aus Aluminiumfolie gefertigt werden. Damit man kleine Baugrößen erreicht, werden Aluminiumfolie und Papier zusammen aufgewickelt.

Metall-Papier-Kondensatoren haben ebenfalls Papier als Dielektrikum. Die Beläge werden aber durch eine dünne, auf das Papier aufgedampfte, Metallschicht gebildet. Diese Kondensatoren haben den Vorteil der Selbstheilung. Schlägt ein Kondensator infolge zu hoher Spannung durch, so verdampft an dieser Stelle die dünne Metallschicht und es entsteht eine metallfreie Zone. Die Kapazität wird zwar etwas kleiner, aber ein Kurzschluß zwischen den Platten, der einer Zerstörung des Kondensators gleichkäme, wird hierdurch verhindert.

Kunststoffolien-Kondensatoren bestehen aus mehreren Schichten einer Kunststoffolie mit aufgedampftem Metall. Diese Kondensatoren sind ebenfalls selbstheilend. Kunststoffolien-Kondensatoren können sehr klein und kompakt aufgebaut werden. Sie eignen sich deshalb besonders zur Bestückung von Platinen.

Elektrolytkondensatoren, auch kurz Elkos genannt, bestehen aus einem Wickel zweier Aluminiumbänder mit einer Zwischenlage aus Papier. Das Papier ist mit einem Elektrolyten, einer elektrisch leitenden Flüssigkeit, getränkt. Dieser Elektrolyt bildet einen der Beläge. Eines der Aluminiumbänder dient als elektrische Zuführung zum Elektrolyten. Das Dielektrikum wird gebildet, indem eine Gleichspannung an den Kondensator angelegt wird. Dabei bildet sich an einem der Alumi-

niumbänder eine dünne Oxidhaut, die als Dielektrikum wirkt. Elkos sind gepolte Bauelemente, das heißt, sie dürfen nur mit Gleichspannung betrieben und Plus- oder Minuspol dieser Spannung nur an die dafür vorgesehenen Anschlüsse gelegt werden. Wird ein solcher Elko falsch gepolt an eine Gleichspannung angeschlossen, dann kann es durchaus zu einer kleinen Explosion kommen.

Die Kapazität eines Elkos liegt im Mikro- bis Millifarad-Bereich. Gekennzeichnet werden Kondensatoren durch einen Farbcode, wie bei den Widerständen oder durch den direkt aufgedruckten Wert.

Besonders zu beachten ist bei Kondensatoren die jeweilige Spannungsfestigkeit. Liegt nämlich an einem Kondensator eine Spannung an, die höher ist als der aufgedruckte Wert, so wird das Dielektrikum durchschlagen und es entsteht ein Kurzschluß zwischen den Platten. Dadurch büßt der Kondensator alle seine Eigenschaften ein. Auch selbstheilende Kondensatoren dürfen nicht längere Zeit an einer zu hohen Spannung betrieben werden. Sie brennen sonst im wahrsten Sinne des Wortes aus.

Halbleiter-Bauelemente

Zum Verständnis von Transistoren, Dioden und anderen Halbleiter-Bauelementen ist es erforderlich, etwas über den grundsätzlichen Aufbau eines Halbleiterkristalls zu wissen.

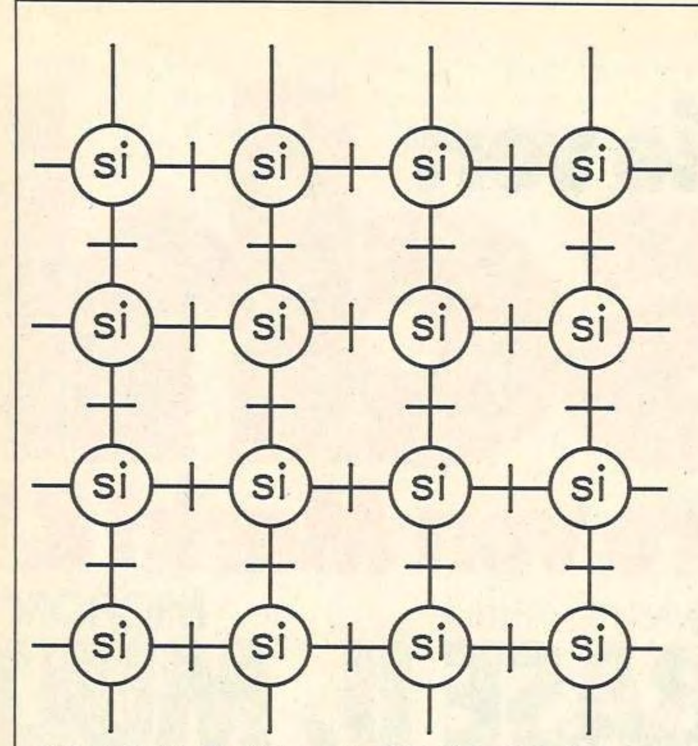
Es gibt Leiter und Nichtleiter für den elektrischen Strom. In bezug auf das Periodensystem gibt es dazwischen noch die Halbleiter. Dies sind zum Beispiel die Metalle Silizium und Germanium. Halbleiter verhalten sich bei tiefen Temperaturen wie Nichtleiter. Sobald man einen Halbleiter aber erwärmt, wird er zu einem Leiter. Bei einer Temperatur von 20 Grad Celsius ist ein Halbleiter schwach leitend. Dies gilt nur für vollkommen reine Halbleiter mit einer internen Kristallstruktur. In diesem Halbleiterkristall sitzen die Atome regelmäßig geordnet nebeneinander, das heißt alle Atomkerne haben zueinander exakt den gleichen Abstand (Bild 8).

Um die Atomkerne kreisen Elektronen. Beim Silizium sind dies in der äußeren Schale genau vier. Jedes dieser vier Elektronen wird benötigt, um mit den vier Nachbaratomen eine Verbindung einzugehen. Dadurch sind keine Elektronen mehr als freie Ladungsträger übrig. Der Halbleiterkristall kann deshalb keinen Strom leiten.

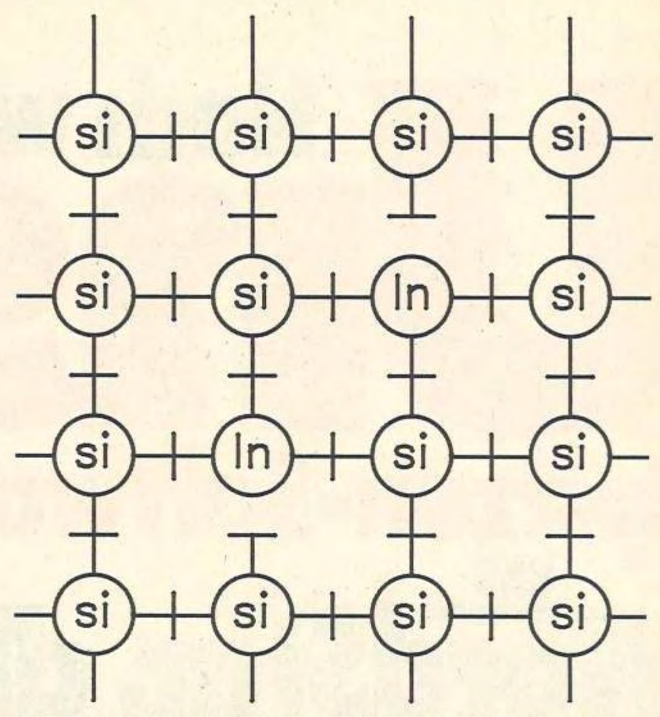
Sobald jetzt Energie in Form von Wärme zugeführt wird, fangen die Elektronen an zu schwingen. Ist die zugeführte Energie groß genug, dann werden Elektronen aus ihrer Bindung herausgerissen und können sich jetzt frei im Kristall bewegen. Da nun freie Ladungsträger vorhanden sind, kann ein Strom durch den Halbleiter fließen. Diese Eigenleitfähigkeit des Halbleiters kann durch gezielte Verunreinigung des Kristalls vergrößert werden.

Fügt man zum Beispiel Fremdatome mit fünf Elektronen in der äußeren Schale zum Halbleiterkristall hinzu, so bleibt bei der Einbindung dieses Atoms ein Elektron übrig. Dieses wird zum Herstellen der Verbindung der einzelnen Halbleiteratome nicht benötigt. Dieses freie Elektron kann also als Ladungsträger verwendet werden. Auch bei Fremdatomen mit nur drei Elektronen in der äußeren Schale sind freie Ladungsträger vorhanden. Diese freien Ladungsträger sind die Fehlstellen, die jetzt bei der Bindung entstehen. Sie sind Träger einer positiven Ladung, im Gegensatz zu den Elektro-



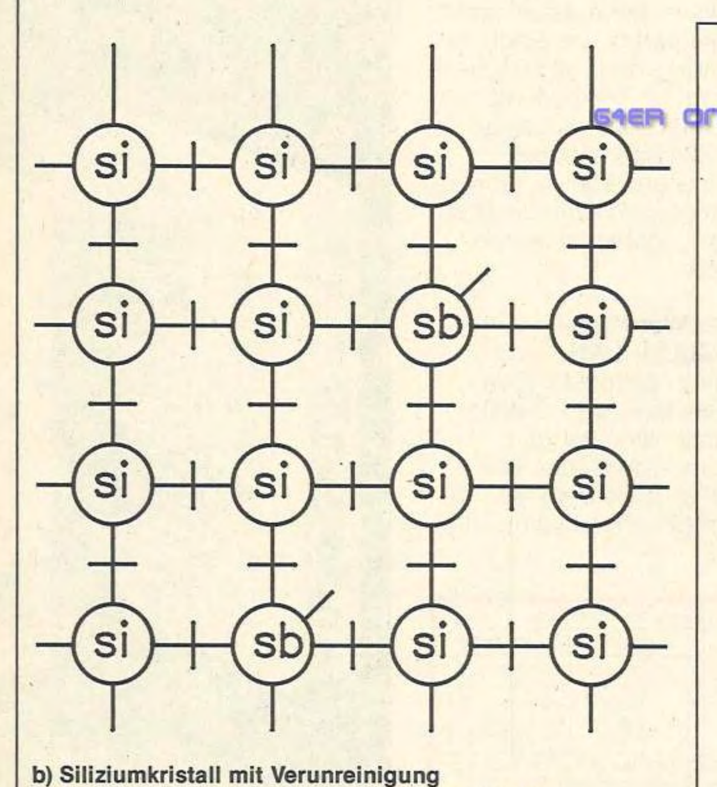


a) Vereinfachte Darstellung der Kristallstruktur eines Siliziumreinkristalls



c) Siliziumkristall mit Verunreinigung durch dreiwertige Indiumfremdatome. P-Leiter.

Bild 8. Kristallstruktur von Silizium rein und dotiert



b) Siliziumkristall mit Verunreinigung durch fünfwertige Antimonfremdatome. N-Leiter.

Bild 9. Ein PN-Übergang wird zur Diode

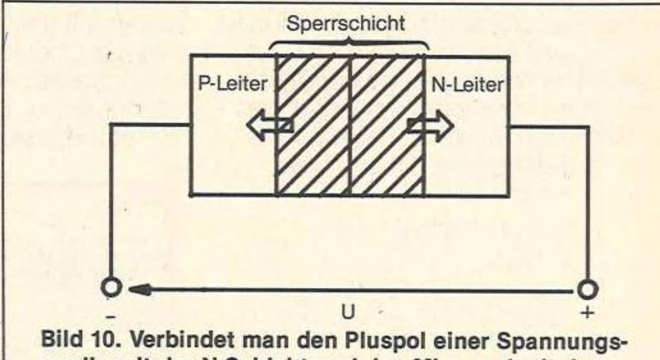


Bild 10. Verbindet man den Pluspol einer Spannungsquelle mit der N-Schicht und den Minuspol mit der P-Schicht, dann sperrt der PN-Übergang

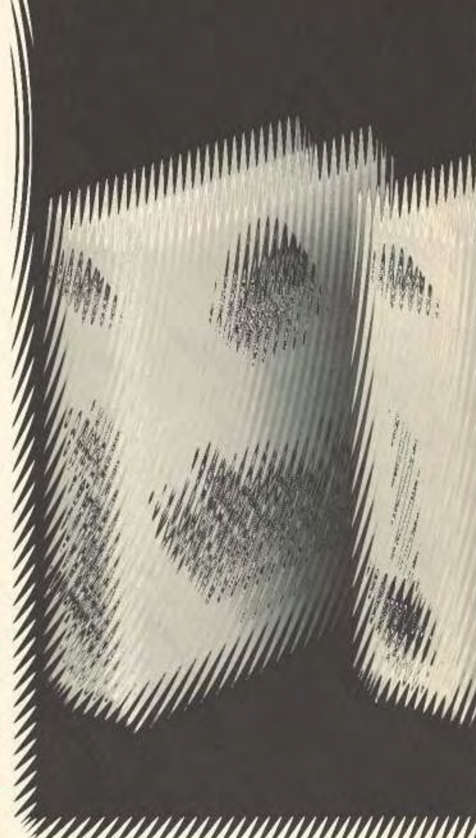
nen, die Träger negativer Ladung sind. Bei Halbleiterkristallen, die durch Fremdatome mit fünf Elektronen verunreinigt sind, spricht man aus diesem Grund von N-Leitern. Den durch Fremdatome mit drei Bindungselektronen verunreinigten Halbleiterkristall nennt man dagegen P-Leiter.

Je stärker ein Halbleiter mit bestimmten Atomen verunreinigt ist, desto unabhängiger ist die Leitfähigkeit von der Temperatur.

Dioden

Verbindet man einen N-Halbleiter mit einem P-Halbleiter, dann entsteht ein PN-Halbleiter (Bild 9). An der Nahtstelle zwischen P- und N-Leiter bewegen sich die Elektronen von dem N-Leiter (Elektronenüberschuß) in den P-Leiter (Elektronenmangel) und füllen hier die Löcher. Innerhalb eines begrenzten Bereiches im PN-Verbund sind plötzlich keine freien Ladungsträger mehr vorhanden. Am PN-Übergang ist








agbar!

eine Sperrschicht für den elektrischen Strom entstanden. Legt man nun an den P-Leiter den Minuspol und an den N-Leiter den Pluspol einer Spannungsquelle (Bild 10), dann werden aus dem N-Leiter die Elektronen abgesaugt und im P-Leiter die Löcher gefüllt. Die Sperrschicht hat sich dadurch stark verbreitert. Weil nun keine freien Ladungsträger vorhanden sind, kann kein Strom durch den PN-Kristall fließen. Man sagt auch, der PN-Übergang sperrt. Polt man die Spannung um (Bild 11), werden Leitungselektronen in den N-Leiter hineingetrieben und aus dem P-Leiter abgesaugt. Die Sperrschicht wird jetzt kleiner. Ab einer bestimmten Spannung (bei Silizium 0,7 Volt, bei Germanium 0,3 Volt) ist die Sperrschicht vollkommen verschwunden. Aus dem PN-Halbleiter ist ein Leiter geworden.

Diese Diode, denn nichts anderes ist dieser PN-Übergang, wirkt wie ein Ventil. Strom wird nur in einer Richtung durchgelassen. Der Anschluß der Diode, an dem in Durchlaßrichtung der Pluspol der Spannung anliegt, wird als Anode bezeichnet, der andere Anschluß heißt Kathode.

Das Verhalten einer Diode kann man am besten anhand der Kennlinie erkennen (Bild 12). Legt man an eine Diode eine Spannung an und erhöht diese langsam, dann ist folgendes zu beobachten: Solange die Spannung klein bleibt, erhöht sich der Strom durch die Diode nur unwesentlich. Ab einer bestimmten Spannung jedoch steigt der Strom plötzlich stark an. Diese Spannung wird als Schleusenspannung bezeichnet. Bei Siliziumdioden beträgt sie etwa 0,7 Volt und bei Germaniumdioden 0,3 Volt. Erhöht man die Spannung weiter, so wird sehr schnell ein Punkt erreicht, an dem die Diode durch den stark angewachsenen Strom so aufgeheizt ist, daß sie zerstört wird. Aus diesem Grund darf eine Diode in einer Schaltung immer nur mit einem Widerstand zur Strombegrenzung betrieben werden. Polt man die Spannung um und erhöht sie wieder langsam, so wird bis zu einer bestimmten Spannung nur ein winzig kleiner Strom fließen. Ab einer bestimmten Spannung erfolgt dann ein steiler Stromanstieg. Es werden ab dieser hohen Spannung Bindungselektronen aus dem Atomverbund in der Sperrschicht herausgerissen (Zenereffekt). Da diese Elektronen durch die hohe Spannung sehr stark beschleunigt werden, sind sie in der Lage, wiederum andere Elektronen aus ihrer Bindung herauszureißen. Es entsteht ein lawinenartiger Effekt. Bei normalen Dioden darf diese Art von Durchbruch nicht passieren, da sie sonst zerstört werden. Bei anderen Dioden, zu denen wir später noch kommen, wird dieser Effekt technisch ausgenutzt. Die Spannung, bei der der Durchbruch erfolgt, ist die maximale Sperrspannung der Diode.

Normale Dioden werden zum größten Teil als Gleichrichter verwendet. Mit Gleichrichtern kann man aus einer Wechselspannung eine Gleichspannung machen. Andere Verwen-

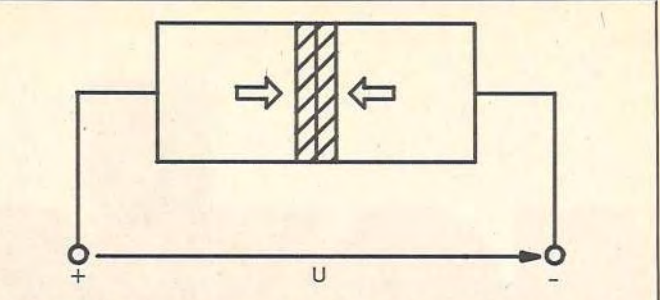


Bild 11. Verbindet man den Minuspol einer Spannungsquelle mit der P-Schicht und den Pluspol mit der P-Schicht, dann wird der PN-Übergang leitend

Bild 12. Dioden-Kennlinien für verschiedene Halbleiter

I_F · I_R · U_R · U_F

100 75 50 25

0,2 0,4 0,6 0,8 1 1,2 1,4

0,3 0,6 0,7

Si · Ge · Se

Si = Siliziumdiode
Ge = Germaniumdiode
Se = Selendiode

dung finden Dioden auch in Schutzbeschaltungen für empfindliche Halbleiter. Hier wird ausgenutzt, daß an einer Diode in Durchlaßrichtung kaum mehr als etwa 1 Volt Spannung abfällt. Ein gutes Beispiel ist der Schutz eines Transistors beim Schalten eines Relais.

In Bild 13 sind einige Bauformen von Dioden aufgezeichnet. Die Kathode wird bei Dioden fast immer durch einen durchgehenden Ring gekennzeichnet. Der Diodentyp wird in den meisten Fällen direkt auf den Diodenkörper aufgedruckt. Es ist aber auch möglich, ihn durch einen Farbcode zu kennzeichnen. Als Beispiel dafür soll die Universaldiode 1N4148 dienen. Bei ihr ist die Kathode bei einigen Herstellern durch einen weißen Ring gekennzeichnet. Die Zahl 4148 folgt dann durch die Ringe gelb, braun, gelb und grau. Die Buchstabenkombination einiger Dioden gibt bestimmte Informationen über den Diodentyp wieder. Dies ist aus Tabelle 3 ersichtlich.

Um sich eine Vorstellung davon machen zu können, was einzelne Dioden leisten, schauen Sie sich Tabelle 4 an. Sie enthält verschiedene Daten einiger Dioden.

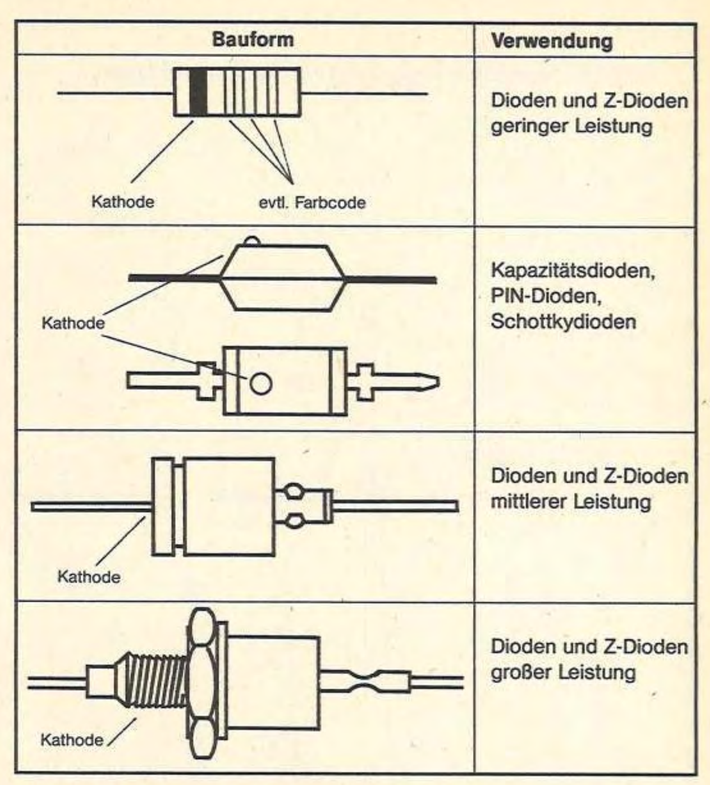


Bild 13. Bauformen der verschiedenen Dioden

Z-Dioden

Ein wichtiger Diodentyp ist die Z-Diode. Bei ihr wird ausgenutzt, daß sich die Durchbruchspannung, bei einer in Sperrrichtung gepolten Diode, stromunabhängig nur sehr wenig ändert (Kennlinie Bild 14). Die Spannung an der Diode ist in diesem Fall nahezu konstant. Dieser Effekt wird vor allem zur Stabilisierung von Spannungen genutzt. Da sich der Strom durch die Diode bei kleinen Spannungsänderungen stark ändert, darf eine Z-Diode nur mit Vorwiderstand betrieben werden. Z-Dioden werden immer in Sperrichtung betrieben. In Durchlaßrichtung verhält sich eine Z-Diode wie eine normale Gleichrichterdiode. Die jeweilige Z-Spannung ist temperaturabhängig. Erhältlich sind Z-Dioden entsprechend den bei den Widerständen schon besprochenen Reihen E12 und E24.

Leuchtdioden

Weitere sehr oft verwendete Dioden sind die Leuchtdioden, auch kurz LED genannt. Sie werden als Anzeige und in Optokopplern verwendet. Leuchtdioden senden sichtbares Licht aus, wenn sie in Durchlaßrichtung betrieben werden. Das Licht ist je nach Halbleitermaterial rot, grün, orange, gelb oder blau. Es gibt außerdem LEDs, die infrarotes Licht oder sogar Laserlicht aussenden. Die Helligkeit, mit der die Diode leuchtet, hängt von der Stärke des durchfließenden Stroms ab. Der Strom darf auch hier eine bestimmte Stärke nicht überschreiten. Eingestellt wird der Strom, ebenso wie bei anderen Dioden, über Vorwiderstände. Die Durchlaßspannung einer Leuchtdiode liegt je nach Leuchtfarbe zwischen 1,5 Volt und 2,5 Volt. In Sperrichtung sollten Leuchtdioden nicht betrieben werden, da sie nur eine sehr kleine Sperrspannung zulassen (etwa 3 bis 5 Volt). Damit beim Betrieb an einer Wechselspannung die Sperrspannung nicht überschritten wird, muß eine normale Diode in Reihe oder eine andere Leuchtdiode antiparallel hinzugeschaltet werden.

Fotodioden

Ein anderer Diodentyp, der mit Licht zu tun hat, ist die Fotodiode. Bei ihr steigt der Sperrstrom mit der Beleuchtung an. Eine Fotodiode wird daher immer in Sperrichtung betrieben. Je nach Typ sind Fotodioden nur für einen bestimmten Wellenlängenbereich des Lichts empfindlich. Der Bereich der Empfindlichkeit erstreckt sich vom ultravioletten bis zum infraroten Licht. Fotodioden verhalten sich ausgesprochen linear in bezug auf Beleuchtungsstärke/Stromstärke. Sie können deshalb sehr gut für Meßzwecke eingesetzt werden. Da Fotodioden auch sehr schnell reagieren, sollte man sie anstelle von Fotowiderständen einsetzen.

Erster Buchstabe Halbleiterwerkstoff	Zweiter Buchstabe Art des Bauelements	Dritter Buchstabe und Ziffern
A Germanium B Silizium C z.B. Galliumarsenid D z.B. Indium-Antimonid R Halbleiter für Photoleiter und Hallgeneratoren	A Diode B Kapazitätsdiode C NF-Transistor D NF-Leistungstransistor E Tunneldiode F HF-Transistor H Hall-Feldsonde L HF-Leistungstransistor N Optokoppler P,Q strahlungsempfindliches Element R steuerbarer Gleichrichter S Schalttransistor U Leistungsschalttransistor Y Leistungsdiode Z Z-Diode	Der dritte Buchstabe (X, Y oder Z) kennzeichnet Industrietypen Die Ziffern dienen nur der laufenden Kennzeichnung des Bauelements

Tabelle 3. Bezeichnungen von Halbleiter-Bauelementen

TYP	Sperrspannung in V	Durchlaßstrom in mA	Spitzenstrom in mA	Durchlaßspannung in V	bei mA	Halbleitermaterial
AA 116	20	24	200	0,18	0,1	Germanium
AA 119	30	35	200	0,23	0,1	Germanium
BA 127	60	100	200	0,97	100	Silizium
1 N 914	100	75	–	1	10	Silizium
1 N 4148	75	75	500	1	10	Silizium
1 N 4001	50	1000	50000	1,3	1	Silizium
1 N 4002	100	1000	50000	1,3	1	Silizium
BY 127	1250	1000	40000	1,2	1	Silizium

Tabelle 4. Daten einiger Dioden

Bild 14. Kennlinien unterschiedlicher Zener-Dioden

Bild 15. Aufbau eines bipolaren NPN-Transistors

Bild 16. Testschaltung für Transistoren

Bild 17. Aufbau und Ersatzschaltbild von PNP- und NPN-Transistoren

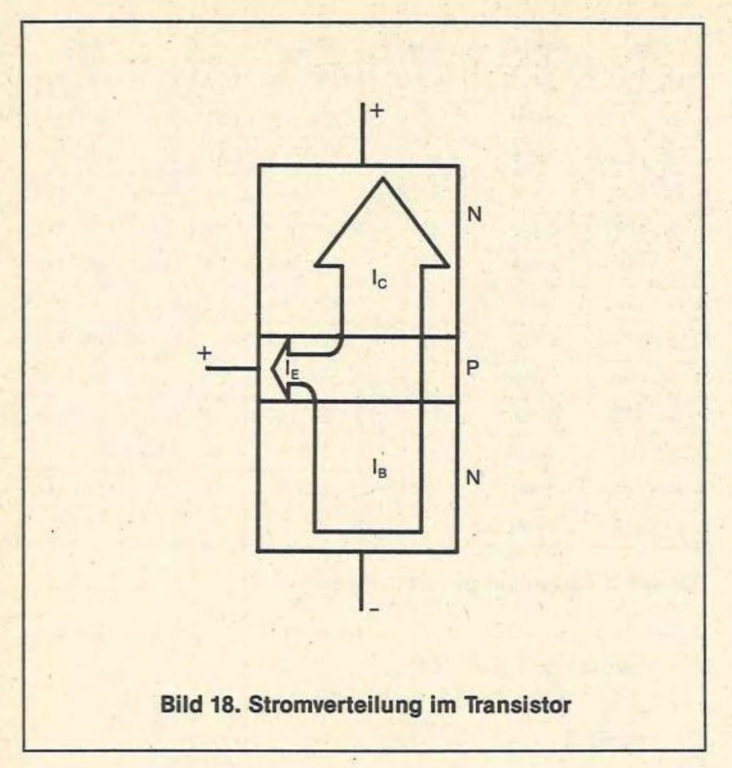


Bild 18. Stromverteilung im Transistor

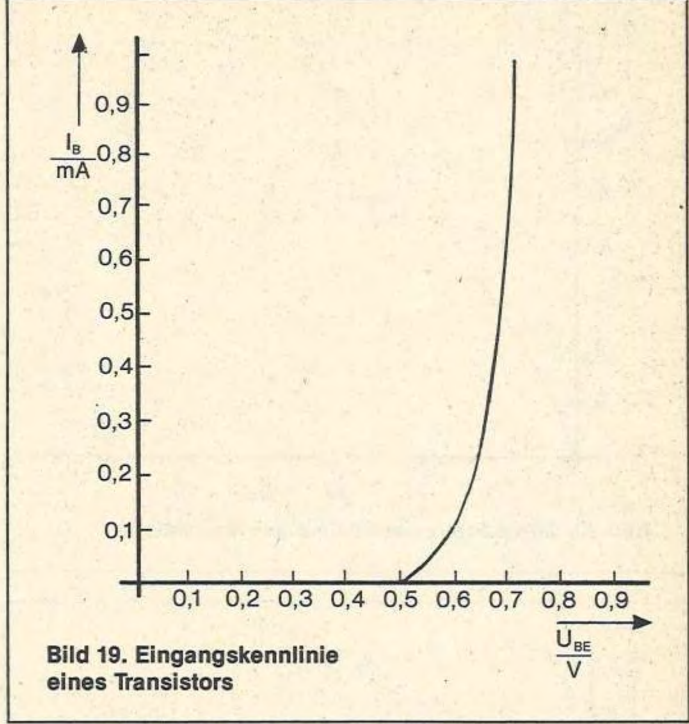


Bild 19. Eingangskennlinie eines Transistors

Transistoren

Zum Aufbau eines Transistors werden drei verschieden dotierte Halbleiterschichten zusammengefügt und zwar in der Reihenfolge NPN oder PNP (Bild 15). Als Dotieren bezeichnet man das Verunreinigen des Halbleiterkristalls mit Fremdatomen. Da wir durch das Zusammenfügen zwei PN-Übergänge erhalten, bilden sich auch zwei Sperrschichten. Die drei Halbleiterschichten werden beim Transistor mit besonderen Namen gekennzeichnet. Die äußeren Schichten sind der Kollektor und der Emitter. Dabei ist die flächenmäßig größere Schicht der Kollektor. Die innere Schicht wird als Basis bezeichnet. Die Basis ist sehr dünn und besteht aus nur schwach dotiertem Halbleitermaterial.

Zum Verständnis der Wirkungsweise eines Transistors machen wir jetzt in Gedanken ein paar Experimente (Bild 16). Dazu legen wir an den Kollektor den Pluspol und an den Emitter den Minuspol einer Spannungsquelle. Wenn wir jetzt mit einem Meßgerät den Strom messen, dann werden wir feststellen, daß überhaupt kein Strom fließt. Errinnern wir uns an das Verhalten der Diode. Ein PN-Übergang sperrt, wenn an der P-Seite der Minuspol und an der N-Seite der Pluspol einer Spannungsquelle angeschlossen ist. Betrachten wir unseren Transistor genauer, so erkennen wir, daß er aus zwei PN-Übergängen, also im Prinzip aus zwei Dioden, aufgebaut ist. Diese beiden Dioden sind gegeneinander gepolt miteinander verbunden (Bild 17). Wie man die Spannung auch anschließt, eine der Dioden sperrt immer. In unserem Fall leitet die Basis-Emitter-Diode und die Kollektor-Basis-Diode sperrt. Die Basis des Transistors müssen wir jetzt auch noch anschließen. Zunächst verbinden wir sie mit dem Minuspol der Spannungsquelle, wir legen sie also auf das gleiche Potential wie den Emitteranschluß. Das Ergebnis ist: Der Transistor sperrt weiterhin. Wir haben lediglich die ohnehin leitende Basis-Emitter-Diode überbrückt. Legen wir dagegen die Basis auf positives Potential, dann muß durch die Basis-Emitter-Diode Strom fließen. Ein Strommeßgerät zwischen Pluspol und Basis würde dies auch beweisen. Ein weiteres Meßgerät zwischen Pluspol und Kollektor wird jetzt aber auch einen Stromfluß anzeigen. Die Kollektor-Basis-Diode ist offenbar auch leitend geworden. Vergleicht man die Stärke der beiden Ströme, so erkennt man, daß der Kollektorstrom wesentlich stärker ist als der Basisstrom. Was ist in dem Halbleiterkristall geschehen? Um die Vorgänge im Kristall zu verstehen, müssen wir wissen, daß die Flußrichtung der Elektronen, als Träger einer negativen Ladung, vom Minuspol zum Pluspol einer Spannungsquelle ist. Durch die gleichen Vorgänge wie bei der Diode fließen die Elektronen in die Emitterschicht hinein und von hier in die Basisschicht. Da die Basisschicht nur sehr dünn ist und durch die niedrige Dotierung nur sehr wenige Störstellen im Kristallverbund vorhanden sind, wird die Basis von Elektronen regelrecht überflutet. Der Kollektor besitzt gegenüber der Basis ein etwas positiveres Potential und zieht dadurch die Elektronen sehr stark an. Durch diese Anziehungskraft stellt die Kollektor-Basis-Sperrschicht für die Elektronen kein Hindernis mehr dar. Da die Basiszone nur eine geringe Anzahl von Elektronenfehlstellen in der Kristallstruktur aufweist, werden auch nur wenige Elektronen benötigt, um diese Fehlstellen aufzufüllen. Der Basisstrom ist entsprechend gering. Die meisten Elektronen fließen durch den Kollektor zum positiven Pol der Spannungsquelle (Bild 18). Die Anzahl der Elektronen, die durch den Kollektor fließen, ist dabei proportional zu der Anzahl der Elektronen, die aus dem Basisanschluß herausfließen. Der Basisstrom steuert also den Kollektorstrom. Eine kleine Änderung des Basisstroms bewirkt eine große Änderung des Kollektorstroms. Der Transistor ist demnach ein Stromverstärker. Mit einem kleinen Strom kann ein großer Strom gesteuert werden.

So, wie in unserem Beispiel, darf die Basis nie direkt auf das Potential des Kollektors gelegt werden. Um das zu verstehen, betrachten wir die Eingangskennlinie des Transistors (Bild 19). Sie zeigt die gegenseitige Abhängigkeit von Basisstrom zur Basis-Emitter-Spannung. Die Eingangskennlinie ist die Kennlinie einer Diode und zwar der Basis-Emitter-Diode. Wie bei der Diode fließt erst ab einer bestimmten Spannung Strom. Bei weiterer Änderung der Basis-Emitter-Spannung steigt die Kennlinie jedoch sehr schnell steil an. In diesem Bereich der Kennlinie verursachen kleine Änderungen der Basis-Emitter-Spannung große Änderungen des Basisstroms. Sie können sich jetzt sicher vorstellen, was passiert, wenn die Basis-Emitter-Spannung zu groß wird. Ein sehr großer Strom durch die Basisschicht wäre die Folge. Da die Basisschicht, wie wir bereits wissen, sehr dünn ist, würde sie durch diesen Strom so stark aufgeheizt werden, daß sie zer-

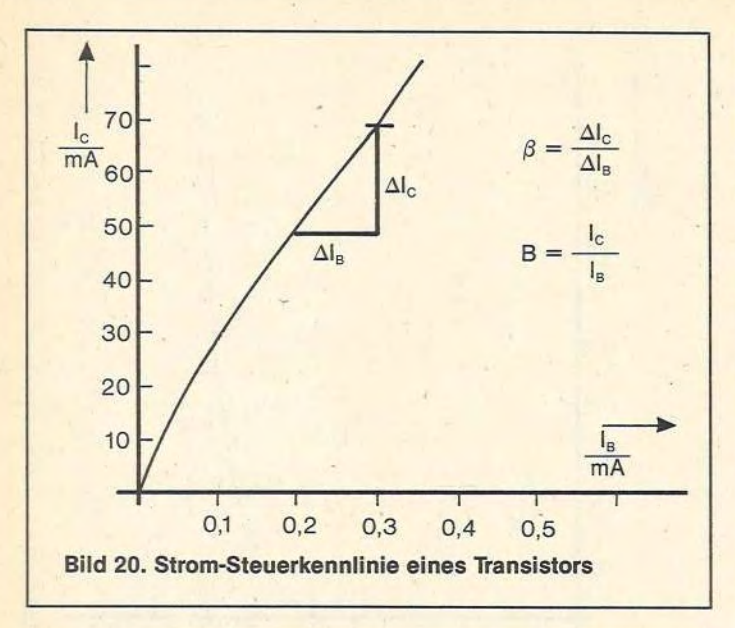


Bild 20. Strom-Steuerkennlinie eines Transistors

Typ	Polung	$Uced_{max}$	Ic_{max}	B	Pxot
BC 107	NPN	45 V	200 mA	125...500	300 mW
BC 108	NPN	20 V	200 mA	125...900	300 mW
BC 109B	NPN	20 V	200 mA	240...500	300 mW
BC 140	NPN	40 V	1 A	40...400	750 mW
BC 160	PNP	40 V	1 A	40...400	750 mW
BC 177	PNP	45 V	200 mA	75...500	300 mW
BC 178	PNP	25 V	200 mA	75...900	300 mW
BC 179B	PNP	20 V	200 mA	240...500	300 mW
BC 546	NPN	65 V	200 mA	75...500	500 mW
BC 556	PNP	65 V	200 mA	75...500	500 mW
BD 139	NPN	80 V	1,5 A	40...160	7,5 W
BD 140	PNP	80 V	1,5 A	40...160	7,5 W
2N 3055	NPN	60 V	15 A	20... 70	115 W

Tabelle 5. Daten einiger Transistoren

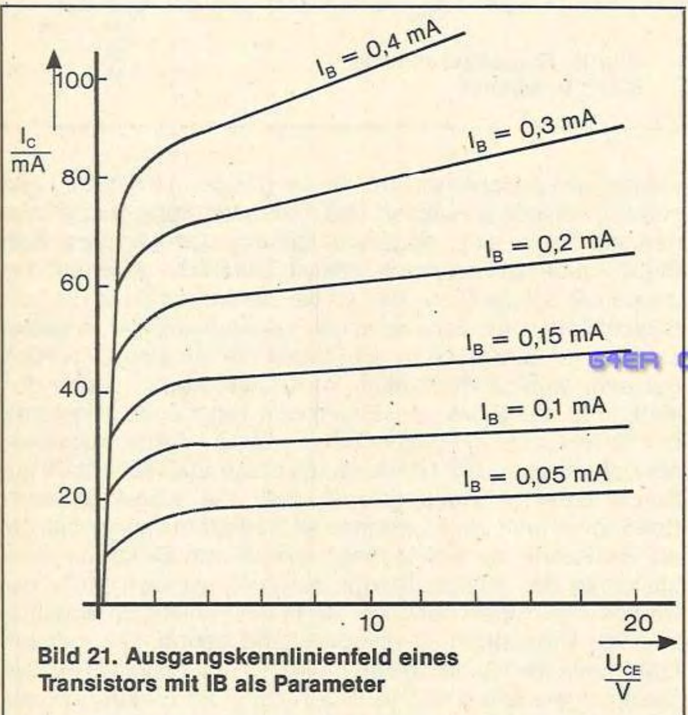


Bild 21. Ausgangskennlinienfeld eines Transistors mit IB als Parameter

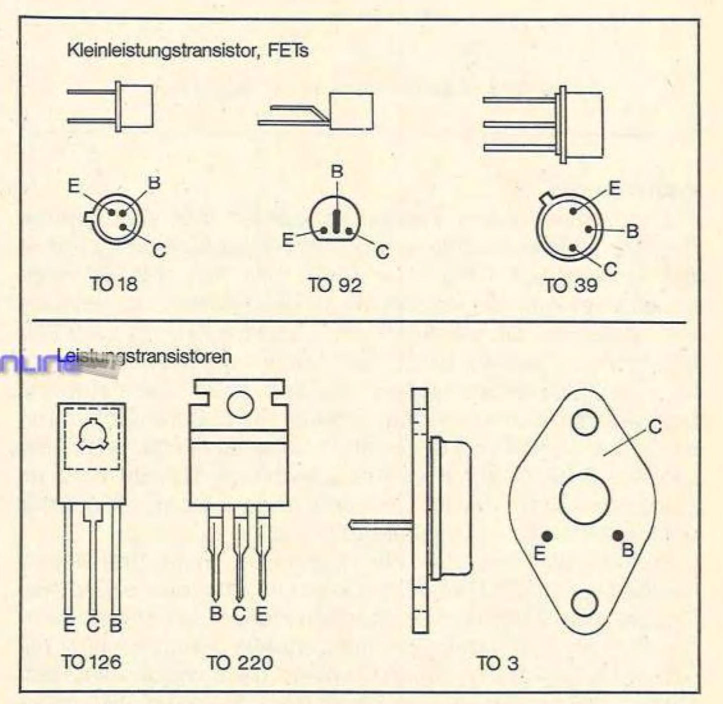


Tabelle 6. Gängige Transistorbauformen

stört würde. Zur Steuerung und zur Begrenzung des Basisstromes sind Vorwiderstände oder Basisspannungsteiler erforderlich.

Der Basisstrom des Transistors steuert den Kollektorstrom. Die Strom-Steuerkennlinie (Bild 20) zeigt den Zusammenhang zwischen diesen Strömen. Diese Steuerkennlinie ist fast geradlinig, da sich Kollektor und Basisstrom etwa proportional zueinander verhalten. Das Verhältnis der beiden Ströme wird Gleichstromverhältnis B genannt. Dieses Verhältnis wird bei der Berechnung von Gleichspannungsgrößen angewendet. Bei Wechselstromgrößen nimmt man den Stromverstärkungsfaktor b. Dieser Stromverstärkungsfaktor ist gleich der Steigung der Strom-Steuerkennlinie. Da die Kennlinie fast linear verläuft, unterscheiden sich beide Größen nur unwesentlich voneinander. In Datenbüchern wird deshalb meist nur das Gleichstromverhältnis B angegeben. Dies reicht für Berechnungen in der Digitaltechnik für unsere Belange vollkommen aus.

Die gegenseitige Abhängigkeit von Kollektorstrom und Kollektor-Emitter-Spannung zeigt die Ausgangskennlinie (Bild. 21). Da der Kollektorstrom vom Basisstrom abhängt, werden mehrere Kennlinien bei unterschiedlichen Basisströmen zu einem Kennlinienfeld zusammengefaßt. Aus der Kennlinie kann man ersehen, daß ab einer bestimmten Größe der Kollektor-Emitter-Spannung, der Kollektorstrom im Vergleich zum Basisstrom nur noch sehr gering von der Kollektor-Emitter-Spannung beeinflußt wird. Das wird bei größeren Basisströmen allerdings stärker.

In den Datenbüchern (Tabelle 5) sind für Transistoren auch Grenzwerte angegeben. Diese dürfen unter keinen Umständen überschritten werden, da sonst die Kennwerte des Bauelements verändert werden, die Lebensdauer verringert oder der Transistor sogar zerstört wird. Ein wichtiger Grenzwert ist die maximale Verlustleistung des Transistors. Diese errechnet sich wie folgt:

$$P_{tot} = I_b * U_{be} + I_c * U_{ce}$$

Die Steuerleistung ist üblicherweise sehr klein gegenüber der Ausgangsleistung und kann bei der Berechnung der Verlustleistung in den meisten Fällen vernachlässigt werden. Eine Zusammenfassung der gängigen Transistorbauformen zeigt Tabelle 6.

Feldeffekt-Transistoren

Die soeben besprochenen Transistoren nennt man auch bipolare Transistoren, weil der Laststrom über unterschiedliche Halbleiterstrecken fließt. Bei Feldeffekt-Transistoren fließt der Laststrom nur über eine Halbleiterstrecke desselben Leitungstyps, also entweder ein P-Leiter oder ein N-Leiter. Sie werden aus diesem Grund auch als unipolare Transistoren bezeichnet.

Feldeffekt-Transistoren unterscheiden sich in ihrer Funktionsweise erheblich von bipolaren Transistoren. Bei bipolaren Transistoren wird die Leitfähigkeit einer Halbleiterstrecke durch Zufuhr von Ladungsträgern gesteuert. Dazu ist eine Steuerleistung notwendig. Diese Steuerleistung ist bei unipolaren Transistoren nicht notwendig, da hier die Leitfähigkeit der Halbleiterstrecke über ein elektrisches Feld gesteuert wird. Den prinzipiellen Aufbau eines Felddeffekt-Transistors, im folgenden kurz FET genannt, zeigt Bild 22.

Die Anschlüsse beim FET werden mit Source (Quelle), Drain (Abfluß) und Gate (Tor) bezeichnet. Der Laststrom fließt zwischen Source und Drain. Das Gate hat gegenüber der Source ein negatives Potential. Durch das dabei entstehende elektrische Feld wird der Widerstand des Kanals zwischen Source und Drain gesteuert. Da die Elektronen Ladungsträger mit negativer Ladung sind, setzt ihnen das elektrische Feld einen Widerstand entgegen. Um so negativer das Gate gegenüber Source ist, desto stärker ist das elektrische Feld und entsprechend weniger Elektronen können fließen.

Damit vom Gate kein Strom in den Kanal hineinfließt, muß es vom Kanal isoliert werden. Beim PN-FET befindet sich zwischen Gate und Kanal ein PN-Übergang (Bild 23). Dieser PN-Übergang bildet eine Sperrschicht. Wird das Gate nun so

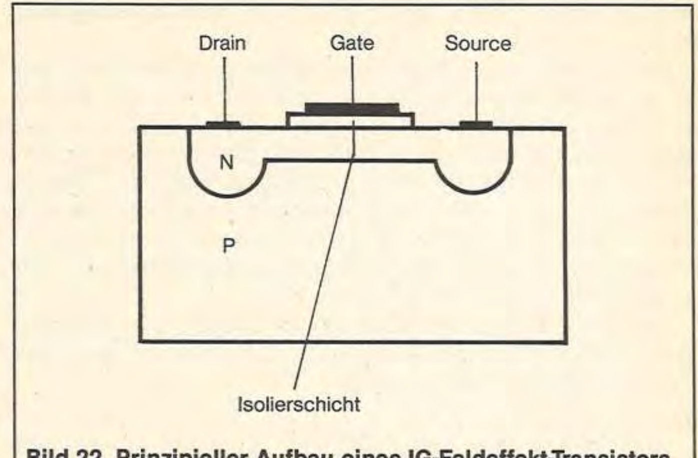


Bild 22. Prinzipieller Aufbau eines IG-Feldeffekt-Transistors

gepolt, daß diese Sperrschicht in Sperrichtung betrieben wird, dann verbreitert sich je nach angelegter Gatespannung die Sperrschicht und reicht mehr oder weniger tief in den Kanal hinein. Der Kanal wird gewissermaßen wie bei einem Ventil zugedreht. Ab einer gewissen Spannung ist der Kanal vollständig abgeschnürt. Diese Spannung ist die Abschnürspannung. Beim PN-FET ist noch eine sehr kleine Steuerleistung notwendig, da über den PN-Übergang ein kleiner Sperrstrom fließt.

Beim Isolier-Gate-FET (IG-FET) ist zwischen Kanal und Gate eine Isolierschicht aus Siliziumdioxid angeordnet. Das Gate wird vom aufgedampften Metall gebildet. Die Steuerung

des Laststroms erfolgt beim IG-FET ausschließlich über das elektrische Feld.

Das Gate des IG-FET kann sich wegen der guten Isolierung stark elektrostatisch aufladen. Dadurch kann die Isolierschicht durchschlagen und der FET damit zerstört werden. Das ist auch der Grund, weshalb man die Beinchen von IG-FETs oder MOS-Bauelementen nicht berühren darf. Durch Reibung mit der Luft ist der menschliche Körper nämlich immer mehr oder weniger stark elektrostatisch aufgeladen. Diese Ladung verursacht eine sehr hohe Spannung, die einen IG-FET durchaus zerstören kann.

Feldeffekt-Transistoren (Bild 24) sind langsamer als bipolare Transistoren, so daß sie für schnelle Datenverarbeitungsanlagen nicht in Frage kommen.

Fototransistoren

Beim Fototransistor gelangt über eine Linse Licht in die Kollektor-Basis-Sperrschicht. Dieses Licht löst dort einen Fotostrom aus, der mit einem Basisstrom gleichzusetzen ist. Der Fotostrom steigt linear mit der Beleuchtungsstärke. Wie beim normalen Transistor steuert der Basisstrom, in diesem Fall der Fotostrom, den Kollektorstrom. Letztendlich wird hier also über die Beleuchtungsstärke ein Strom gesteuert.

Weil Fototransistoren einen großen Stromverstärkungsfaktor besitzen, sind sie empfindlicher als Fotodioden, dafür sind sie aber etwas langsamer.

Normalerweise wird der Basisanschluß eines Fototransistors nicht benötigt, bei einigen Typen ist er aber aus dem Gehäuse herausgeführt. Man kann dann einen Arbeitspunkt für den Transistor einstellen und stabilisieren.

Transistor als Schalter

In der Digitaltechnik wird der Transistor am häufigsten in seiner Funktion als elektronischer Schalter eingesetzt. Ich möchte Ihnen dies an einem kleinen Beispiel verdeutlichen.

Unsere Aufgabe ist es, mit dem User-Port des C64 ein Relais anzusteuern. Da der Strom und die Spannung des Relais für die User-Port-Ausgänge zu hoch ist, muß ein Transistor als Schalter dazwischengeschaltet werden. In Bild 25 sehen Sie die dazu erforderliche Schaltung.

Berechnen brauchen wir in unserem Fall nur den Basisvorwiderstand. Dazu teilen wir den Strom, der zum Einschalten des Relais erforderlich ist, durch den Stromverstärkungsfaktor B und erhalten den Basisstrom für unseren Transistor. Dieser Strom muß mit dem Basisvorwiderstand eingestellt werden. Zwischen Basis und Emitter des Transistors fallen etwa 0,7 Volt ab. Die Ausgangsspannung des User-Ports minus der 0,7 Volt (Ube) muß demnach an unserem Widerstand abfallen. Nach dem Ohmschen Gesetz ergibt sich der Widerstandswert also zu

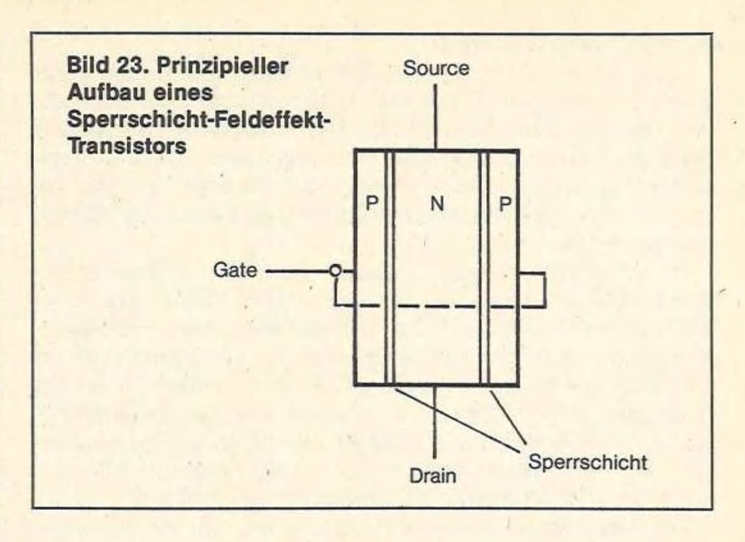
$$R=U_{userport}-0{,}7V/I_{basis}$$

Sollte sich ein Widerstandswert außerhalb der Normreihe ergeben, dann muß der nächstniedrige in der Normreihe erhältliche Widerstand eingesetzt werden.

Die Funktionsweise ist ganz einfach. Liegt am User-Port eine logische 1 oder der Highpegel an, dann fließt der eingestellte Basisstrom durch den Transistor und damit auch ein genügend großer Kollektorstrom, um das Relais einzuschalten. Im anderen Fall liegt etwa 0 Volt am User-Port-Ausgang. Der Basisstrom kann nicht fließen und damit fließt auch kein Kollektorstrom. Das Relais zieht nicht an.

Eine wesentliche Verlustleistung fällt an unserem Transistor nicht ab. Wenn das Relais eingeschaltet ist, fließt zwar ein bestimmter Strom durch den Transistor, aber die Kollektor-Emitter-Spannung ist relativ klein. Im anderen Fall liegt die volle Relaisspannung zwischen Kollektor und Emit-

Bild 23. Prinzipieller Aufbau eines Sperrschicht-Feldeffekt-Transistors



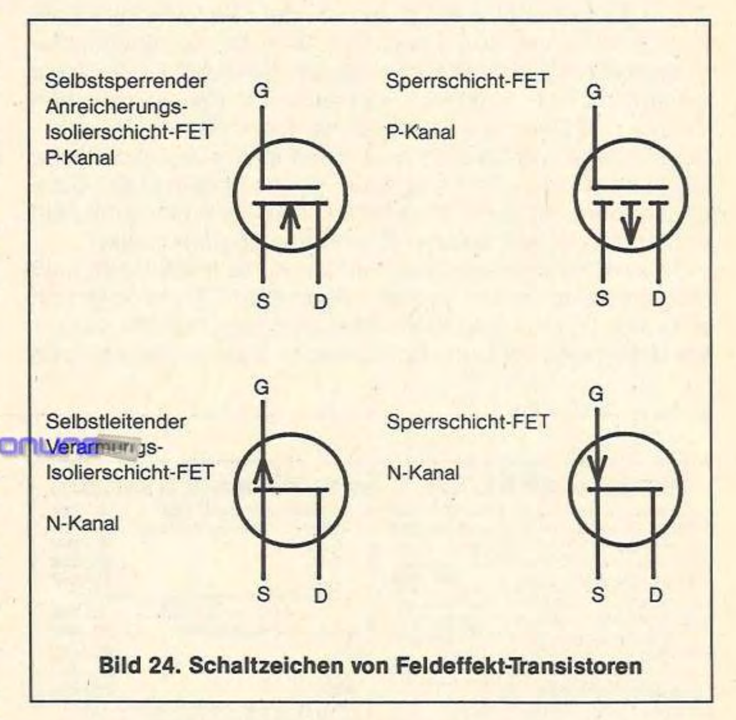


Bild 24. Schaltzeichen von Feldeffekt-Transistoren

Bild 25. Transistor als Schalter

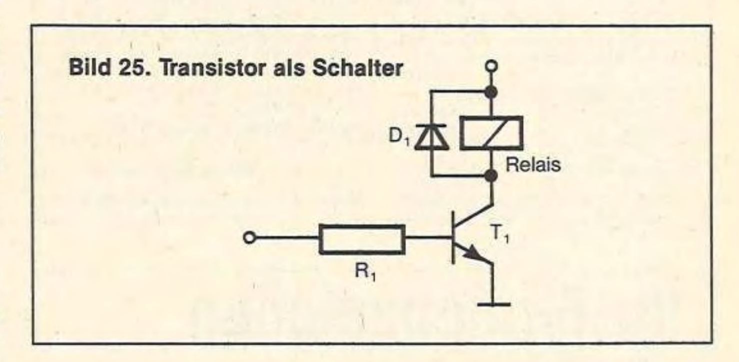
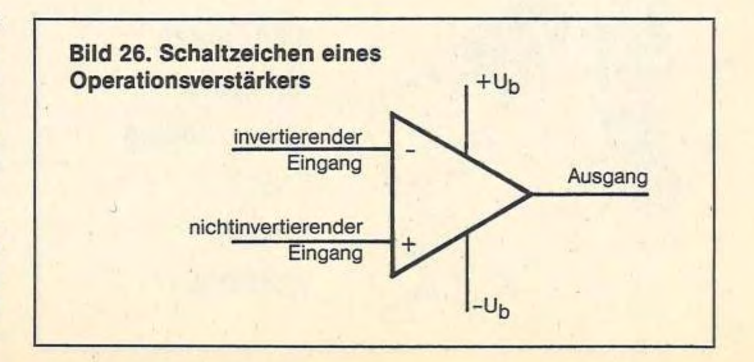


Bild 26. Schaltzeichen eines Operationsverstärkers





ter, aber der Strom ist fast null. In beiden Fällen ergibt das eine kleine Verlustleistung. Die größte Verlustleistung entsteht nur beim Wechsel des Transistors von einem Zustand in den anderen. Es ist also nur die Häufigkeit der Schaltvorgänge für die maximale Verlustleistung maßgeblich.

Operationsverstärker

Ein universell einzusetzendes Bauelement ist der Operationsverstärker. Es können Gleichspannungen und Wechselspannungen verstärkt werden. Seine besonderen Eigenschaften sind die hohe Spannungsverstärkung, der große Eingangswiderstand und der kleine Ausgangswiderstand.

Das Schaltzeichen für den Operationsverstärker sehen Sie in Bild 26. Der Eingang mit dem Minuszeichen ist der invertierende Eingang, der mit dem Pluszeichen heißt nichtinvertierender Eingang. Der Operationsverstärker benötigt eine positive und eine negative Betriebsspannung in Bezug auf das Potential des Ausgangs. Diese Betriebsspannung liegt üblicherweise zwischen ±5 Volt und ±15 Volt.

Die Eingangsstufe des Operationsverstärkers ist eine Differenzverstärkerstufe (Bild 27). Die Emitter der Transistoren T1 und T2 in dieser Eingangsstufe liegen an einem gemeinsamen Emitterwiderstand. Solange die Differenzeingangsspannung U1 0 Volt beträgt, fließen in beiden Transistoren gleichgroße Basisströme und bei gleichem Verstärkungsfaktor der Transistoren auch gleichgroße Kollektorströme. Die Spannungsabfälle an den gleichgroßen Widerständen R3 und R4 sind damit gleich und die Ausgangsspannung beträgt 0 Volt. Erhöht man den Basisstrom von T1, dann erhöht sich auch der Kollektorstrom von T1. Die Folge ist ein höherer Spannungsabfall an R3. Durch den erhöhten Kollektorstrom Ic1 erhöht sich auch der Spannungsabfall am Widerstand R5. Dies bewirkt eine Abnahme des Kollektorstroms von T2 und somit auch einen geringeren Spannungsabfall an R4. Die beiden Spannungen, die über R3 und R4 abfallen, werden somit gegensinnig geändert und es entsteht eine Differenzausgangsspannung Ua. Solange Ue1 und Ue2 gegensinnig verändert werden, entsteht eine Differenzausgangsspannung. Bei gleichsinniger Änderung der beiden Eingangsspannungen entsteht keine Ausgangsspannungsänderung. Durch dieses Verhalten des Differenzverstärkers werden Störspannungen, die an beiden Eingängen in gleicher Höhe anliegen, nicht verstärkt. Dies wird allerdings nur erreicht, wenn die Widerstände R3 und R4 und die Transistoren T1 und T2 möglichst genau übereinstimmen.

Im Operationsverstärker folgt auf die Eingangsdifferenzstufe eine zweite Differenzverstärkerstufe und eine Endstufe.

Invertierender Verstärker

Mit einem invertierenden Verstärker wird eine Eingangsspannung Ue verstärkt oder abgeschwächt und in ihrem Vorzeichen umgekehrt. Der Operationsverstärker braucht hierzu nur mit den Widerständen R1 und R2 beschaltet werden (Bild 28).

Grundschaltungen des Operationsverstärkers

Zwischen invertierendem und nichtinvertierendem Eingang liegt eine Spannung Ud. Diese Spannung ist aufgrund der sehr hohen Leerlaufverstärkung (etwa 10^5) sehr klein. Weil der Operationsverstärker einen sehr hohen Eingangswiderstand hat, ist der Eingangsstrom Id ebenfalls sehr klein. Dadurch liegt der Punkt S praktisch auf Masse. Aus diesem Grund wird der Punkt S auch als virtueller Massepunkt bezeichnet. Die Summe der beiden Ströme I1 und I2 ist wegen Id=0 ebenfalls 0. Damit wird

$I_1+I_2=0 \quad ; \quad I_1=-I_2$

Da die Ausgangsspannung wegen der virtuellen Masse gleich dem Spannungsabfall am Widerstand R2 ist, kann man

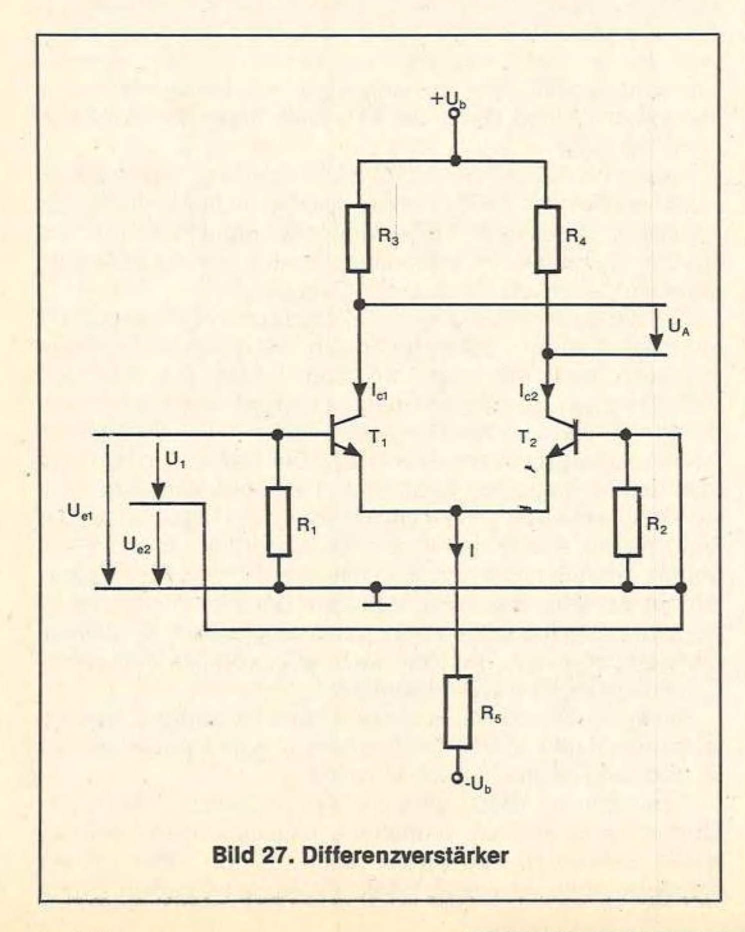


Bild 27. Differenzverstärker

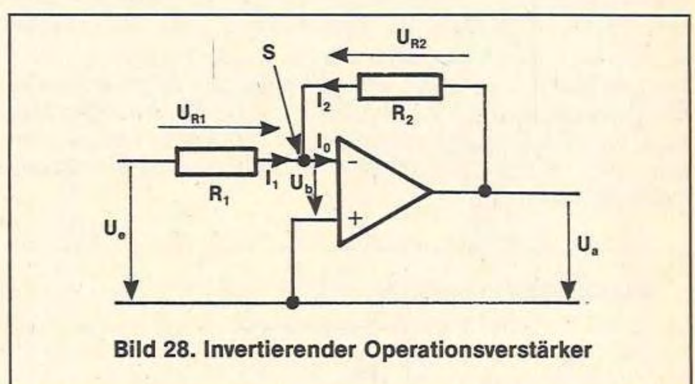


Bild 28. Invertierender Operationsverstärker

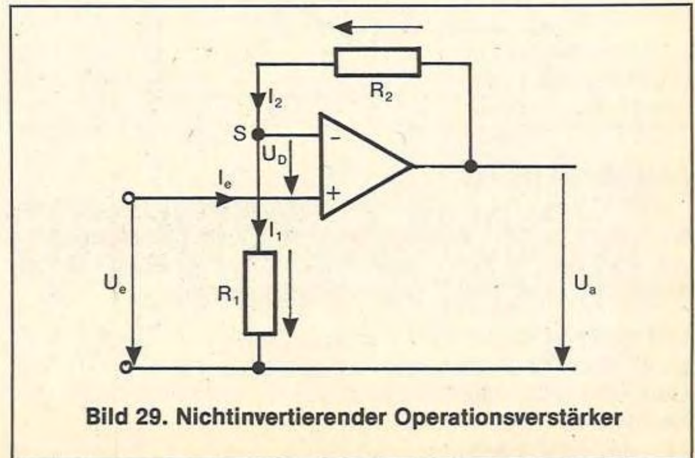


Bild 29. Nichtinvertierender Operationsverstärker

sie wie folgt errechnen:

Ua=R2*I2

Die Eingangsspannung ist aus demselben Grund gleich dem Spannungsabfall über R1. Sie errechnet sich somit zu

Ue=R1*I1=R1*-I2

Der Verstärkungsfaktor kann jetzt leicht errechnet werden, indem man die Eingangs- und Ausgangsspannung ins Verhältnis setzt:

v=Ua/Ue=R2*I2/R1*-I2=-R2/R1

Der Verstärkungsfaktor ist damit gleich dem Widerstandsverhältnis -R2/R1
Das Minuszeichen in der Formel deutet dabei auf die Vorzeichenumkehr zwischen Ein- und Ausgangsspannung hin.

Nichtinvertierender Verstärker
Beim nichtinvertierenden Verstärker haben Ein- und Ausgangsspannung das gleiche Vorzeichen. Die Beschaltung als nichtinvertierenden Verstärker zeigt Bild 29. Die Eingangsspannung wird hier direkt an den nichtinvertierenden Eingang angeschlossen. Wegen Ie=0 und Ud=0 gilt auch hier

Ue=R1*I1

I1 ist aber auch gleich I2. Für die Ausgangsspannung gilt

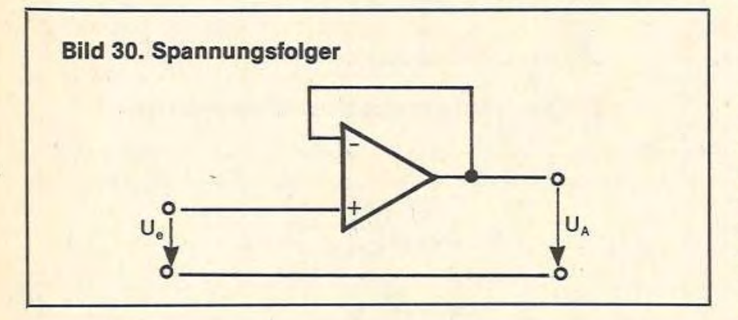
Ua=I2*(R2+R1)=I1*(R2+R1)

Um den Verstärkungsfaktor zu erhalten, muß Ua wieder ins Verhältnis mit Ue gesetzt werden

v=Ua/Ue=I1*(R1+R2)/R1*I1=(R1+R2)/R1
v=1+(R2/R1)

Die beiden Widerstände bestimmen auch hier wieder den Verstärkungsfaktor. Anders als beim invertierenden Verstärker kann die Verstärkung aber nicht kleiner als 1 werden. Ersetzt man R2 durch eine Drahtbrücke und läßt R1 ganz weg, dann erhält man die Verstärkung 1 (Bild 30). Diesen Sonderfall des nichtinvertierenden Verstärkers bezeichnet man als Spannungsfolger, weil seine Ausgangsspannung der Eingangsspannung folgt. Benötigt wird ein Spannungsfolger dort, wo eine Eingangsspannung nicht belastet werden darf und die Ausgangsspannung ohne Spannungseinbruch belastbar sein muß.

Bild 30. Spannungsfolger



Summierverstärker
Bild 31 zeigt die Beschaltung eines Operationsverstärkers als Summier- oder Addierverstärker. Diese Schaltung dient zur Addition von Spannungen. Weil auch hier Id und Ud annähernd 0 sind, gelten folgende Beziehungen

Ue1=Ie1*R1
Ue2=Ie2*R2
Ue3=Ie3*R3....etc.
Ua=R4*I2
-I2=Ie1+e12+Ie3...

Aus diesen Beziehungen folgt

-Ua=R4/R1*Ue1+R4/R2*Ue2+R4/R3*Ue3

Die einzelnen Eingangsspannungen werden also je nach Wahl der Widerstände verschieden verstärkt und summiert.

Differenzverstärker
Der Differenzverstärker bildet die Differenz zwischen zwei Eingangsspannungen (Bild 32). Er dient außerdem zur Verstärkung einer Differenzspannung, die potentialfrei bleiben muß, zum Beispiel eine Meßsignalspannung.

Auch hier gilt mit Ud=0 und Id=0

Ie1=(Ue1-U22)/Re1=-I2
Ie2=(Ue2-U22)/Re1
I2=(Ua-U22)/R2
U22=Ie2*R2

Eingesetzt ergibt sich daraus

Ua=I2*R2+U22
Ua=-(Ue1-U22)*R2/Re1+U22
Ua=-(Ue1-U22)R2/Re1+Ie2*R2
Ua=(-Ue1+U22+Ue2-U22)*R2/Re1
Ua=(Ue2-Ue1)*R2/Re1

Der Differenzverstärker wird normalerweise nicht zur Subtraktion von Spannungen eingesetzt. Hierzu nimmt man den Addierverstärker und vertauscht die Eingangsspannungen in der Polarität.

Bauelemente der Digitaltechnik

Die drei digitalen Grundschaltkreise, aus denen ein Computer aufgebaut ist, sind UND-Gatter, ODER-Gatter und NICHT-Gatter oder Inverter.

In der ersten Computergeneration wurden diese Gatter noch diskret aus Widerständen und Transistoren aufgebaut. Dies war die RTL-Technik. In der nächsten Computergeneration folgte die Realisation der Gatter mit der Dioden-Transistor-Logik (DTL). Danach wurde die integrierte Schaltungstechnik und damit die TTL oder Transistor-Transistor-Logik benutzt.

Diese TTL-Schaltkreise gibt es in bipolarer und in MOS-Technik. Bei der MOS-Technik werden dabei anstelle von bipolaren Transistoren FETs eingesetzt. Bipolare Gatter sind in der Schaltgeschwindigkeit schneller als MOS-Gatter, benötigen aber erheblich mehr Energie.

Für alle Gatterschaltungen, sei es nun ein UND, ein ODER oder ein Inverter, gelten technisch die gleichen Grundvoraussetzungen. Den logischen Größen 1 und 0 sind je nach Schaltungsart bestimmte Spannungspegel zugeordnet. So entspricht die logische 1 bei der bipolaren TTL-Technik einem Spannungswert von maximal 5 Volt. Der Bereich, in dem von den Gatterbausteinen noch eine 1 erkannt wird, liegt zwischen 2 und 5 Volt. Eine logische 0 wird im Bereich 0 bis 0,8 Volt erkannt. Alle Spannungen, die zwischen 0,8 und 2 Volt liegen, können nicht eindeutig einem logischen Pegel zugeordnet werden, das heißt, daß zum Beispiel infolge unterschiedlicher Toleranzen ein Spannungspegel in diesem Bereich von einem Baustein als 1, aber von einem anderen Bauteil dagegen als 0 erkannt wird.

Bei MOS-Bausteinen liegt der Betriebsspannungsbereich zwischen 3 und 15 Volt. Die logischen Pegel schwanken hier je nach angelegter Betriebsspannung.

Zum weiteren Verständnis der Wirkungsweise von Logik-Gattern ist es sinnvoll, zunächst einmal den inneren Aufbau eines Gatters zu betrachten (Bild 33). Wir wollen diese Betrachtungen an einem NAND-Gatter, zu Deutsch einem

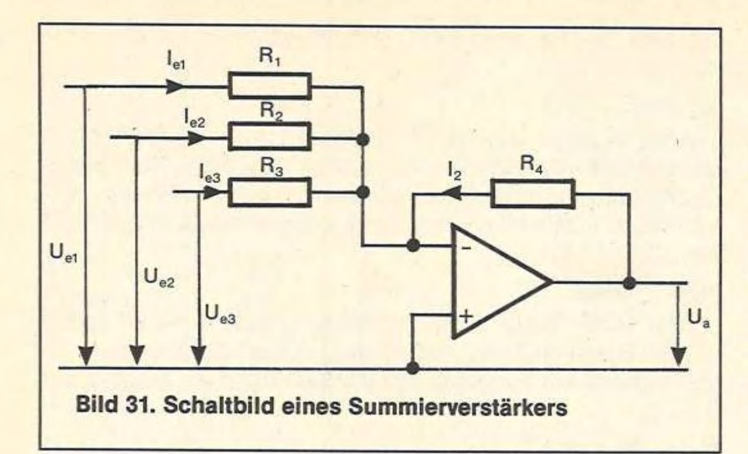


Bild 31. Schaltbild eines Summierverstärkers

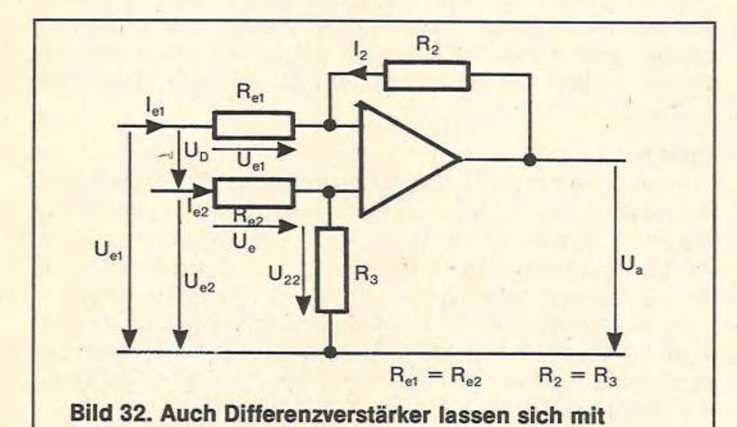


Bild 32. Auch Differenzverstärker lassen sich mit Operationsverstärkern aufbauen

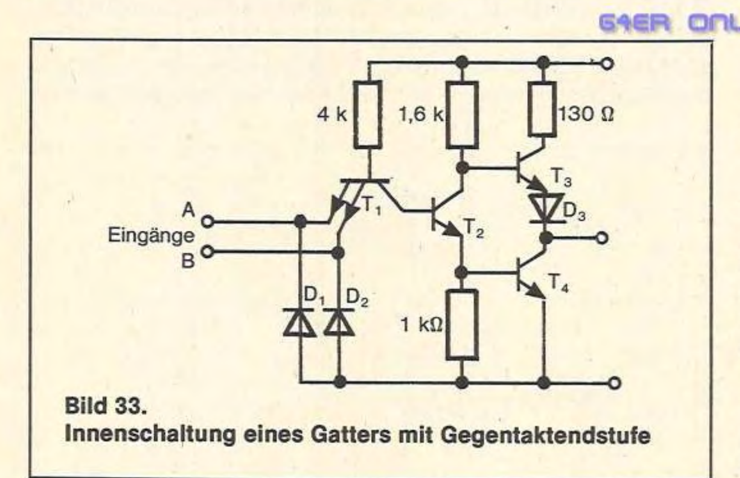


Bild 33.
Innenschaltung eines Gatters mit Gegentaktendstufe

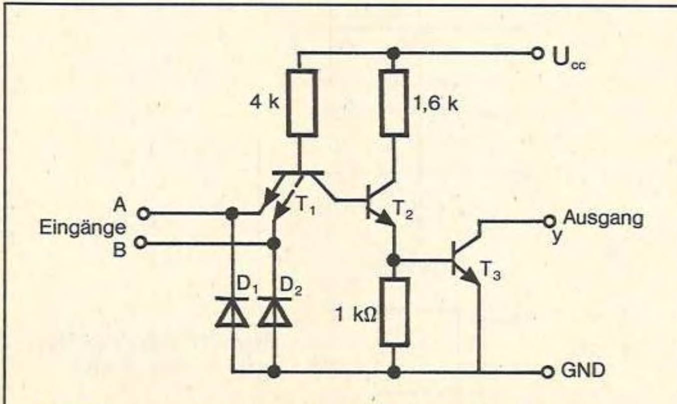


Bild 34. Innenschaltung eines Gatters mit offenem Kollektor-Ausgang

NICHT-UND-Gatter, vornehmen, da dieses Gatter der Grundaufbau für alle anderen Gatterarten ist.

Der Transistor mit den zwei Emittern wird dabei sicher jedem zuerst ins Auge fallen. Dies ist ein sogenannter Multi-Emitter-Transistor. Die beiden Emitter stellen die Eingänge des NAND dar. Ein NAND-Baustein hat nur dann an seinem Ausgang eine logische 0 anliegen, wenn beide Eingänge auf logisch 1 liegen. Liegt in dem Gatter einer der Emitter auf Masse oder logisch 0, dann liegt auch die Basis des Transistors T2 auf Masse. Dieser Transistor sperrt deshalb und legt dadurch die Basis von T3 auf positives und die Basis von T4 auf Massepotential. T3 leitet, T4 sperrt und der Ausgang liegt auf hohem Potential oder logisch 1. Dieser Zustand wird nur dann umgekehrt, wenn der Transistor T2 leitet. Dies geschieht nur dann, wenn beide Emitter auf logisch 1 liegen. Das besprochene Gatter hat einen Gegentakt oder Totem-Pol-Ausgang. Totem-Pol deshalb, weil die Transistoren T3 und T4 wie die Gesichter eines Totempfahles übereinanderliegen. Des weiteren gibt es noch Gatter mit einem offenen Kollektorausgang (Bild 34). Um bei diesem Gatter eine Spannungsänderung am Ausgang zu erhalten, muß ein externer Widerstand von der Betriebsspannung zum Ausgang geschaltet werden. Dieses Gatter wird zum Beispiel verwendet, wenn eine nachfolgende Schaltung mit einem unterschiedlichen Spannungspegel angesteuert werden muß. Bei Gattern mit offenem Kollektorausgang dürfen außerdem mehrere Ausgänge zusammengeschaltet werden, was bei Gattern mit Gegentaktausgang nicht erlaubt ist. Es gibt als dritte Gatterart noch die mit Tri-State-Ausgängen. Diese Ausgänge haben außer logisch 0 und 1 noch einen dritten Ausgangszustand. Dies ist der hochohmige Zustand. Das ist bei Computerbausteinen, die auf einen gemeinsamen Bus zugreifen, erforderlich. Das jeweilige Gatter wird dabei durch Umschalten in den Tri-State-Zustand praktisch vom Bus getrennt und stört andere Bauteile somit nicht bei der Arbeit.

Aus dem NAND-Grundgatter lassen sich durch Vor- oder Nachschalten von Invertern alle anderen Gatterarten aufbauen. Ein Inverter ist dabei nichts anderes als ein NAND mit nur einem Eingang.

Wichtige Daten bei den Gattern sind der Eingangslastfaktor (Fan-In) und der Ausgangslastfaktor (Fan-Out) (Tabelle 7). Das Fan-In gibt dabei an, wie stark ein Eingang eine vorhergehende Schaltung belastet, das Fan-Out gibt an, wie stark dieser Ausgang belastet werden darf. Die Lastfaktoren sind Rechnungseinheiten, bezogen auf die jeweilige Logikfamilie. So bedeutet ein Fan-In von 1 bei Standard-TTL, daß bei 0-Pegel 1,6 mA Strom fließen und bei 1-Pegel 40 µA. Bei L-Pegel fließt dieser Strom aus dem Eingang heraus. Dies ist besonders zu beachten, wenn das Gatter von diskreten Schaltungsaufbauten angesteuert wird. In Tabelle 7 sind die Absolutwerte für die Lastfaktoren bei verschiedenen Logikfamilien angegeben.

Ein Fan-Out 10 bedeutet, daß ein Gatter an seinem Ausgang 10 Gattereingänge mit einem Fan-In von 1 oder 5 Ein-

Familie	Beispiel	Fan-Out	Ausgangsstrom		Eingangsstrom		Schaltzeit in ns
			I_H	I_L	I_H	I_L	
TTL-Standard	SN 7400	10	400 µA	16 mA	40 µA	1,6 mA	10
TTL-Low Power	SN 74L00	20	200 µA	3,6 mA	10 µA	0,18 mA	33
TTL-Schottky	SN 74500	10	1 mA	20 mA	50 µA	2 mA	3
TTL-Low Power Schottky	SN 74LS00	20	400 µA	8 mA	20 µA	0,36 mA	9
TTL-High-Speed	SN 74H00	10	500 µA	20 mA	50 µA	2 mA	6
C MOS	CD 4011	50	200 µA	0,2 mA	<10 pA	<10 pA	40

Tabelle 7. Technische Daten der verschiedenen Schaltkreisfamilien

gänge mit einem Fan-In von 2 treiben kann.

Wenn man von einem Gatter einer Logikfamilie auf ein Gatter einer anderen Logikfamilie übergeht, darf man nicht mehr über die Lastfaktoren rechnen, sondern muß in diesem Fall zu den Absolutwerten übergehen. Ein Fan-Out von 20 bei einem LS-TTL-Gatter ist zum Beispiel bezogen auf ein Standard-TTL-Gatter nur noch ein Fan-Out 3.

Bei allen Logikfamilien ist ein offener Eingang mit einer logischen 1 gleichzusetzen. Damit Störungen vermieden werden, müssen offene Eingänge auf ein Potential gelegt werden, das die logische Funktion des Gatters sicherstellt. Bei AND-Funktionen ist das ein hohes und bei ODER-Funktionen ein niedriges Potential. An Masse oder logisch 0 können die Eingänge dabei ohne weiteres gelegt werden. Beim Anschließen an die Betriebsspannung empfiehlt sich jedoch, die unbenutzten Eingänge über einen Widerstand auf dieses Potential zu legen. Dadurch werden Störungen durch kurzzeitige Impulse vermieden. Der Widerstand sollte dabei 1 Kiloohm (kΩ) oder größer sein. Etwa 25 Eingänge können dabei über einen einzigen Widerstand angeschlossen werden.

Sind in einem Baustein einzelne Gatter unbenutzt, dann sollte man deren Eingänge auf Masse legen, um eine geringere Leistungsaufnahme des Bausteins zu erzielen.

UND-Gatter

Für UND-Gatter wird vielfach auch die Bezeichnung AND-Gatter verwendet. Am Ausgang eines UND-Gatters liegt nur dann eine 1, wenn beide Eingänge auf dem logischen Pegel 1 liegen. Es gibt UND-Gatter nicht nur mit zwei Eingängen, sondern es sind auch solche mit bis zu acht Eingängen erhältlich. Ein Baustein mit vier UND-Gattern mit je zwei Eingängen ist der Baustein 7408.

NAND-Gatter

UND-NICHT oder NAND-Gatter erhält man, wenn man an den Ausgang eines UND-Gatters einen Inverter schaltet. Es liegt nur dann eine 0 am Ausgang, wenn beide Eingänge auf 1 liegen. Der Baustein 7420 enthält zwei NAND-Gatter mit je vier Eingängen.

ODER-Gatter

Am Ausgang eines ODER-Gatters liegt immer dann eine 1, wenn mindestens einer der Eingänge auf 1 liegt. Das ODER-Gatter trägt auch die englische Bezeichnung OR-Gatter. Vier von diesen Gattern mit je zwei Eingängen bekommen Sie im Baustein 7432.

NOR-Gatter

Drei NOR-Gatter oder zu deutsch ODER-NICHT-Gatter sind im Baustein 7427 enthalten. Das NOR-Gatter hat immer dann eine 0 am Ausgang, wenn mindestens ein Eingang auf 1 liegt.

Exklusiv-ODER-Gatter

Das Ecklusiv-ODER ist ein Sonderfall des ODER-Gatters. Bei ihm liegt nur dann eine 1 am Ausgang, wenn beide Eingänge unterschiedliche Pegel aufweisen. Bei gleichen Pegeln an den Eingängen hat der Ausgang einen logischen 0-Pegel.

Inverter

Inverter kehren einen logischen Pegel um. Aus einer 1 wird 0 und aus einer 0 wird 1. Sechs dieser Gatter sind in der Regel in einem IC untergebracht. Die Bausteine 7404, 7405, 7406 enthalten diese Inverter. In Tabelle 8 finden Sie eine Zusammenfassung der verschiedenen Gatter-Typen.

In der Digitaltechnik ist es häufiger erforderlich, bestimmte logische Pegel für einige Zeit festzuhalten. Die dafür geeigneten Speicher sind Flip-Flops. Bild 35 zeigt ein solches Flip-Flop, aufgebaut aus zwei NAND-Gattern.

Wir gehen davon aus, daß beide Eingänge beim Einschalten auf 1 liegen. Als Folge davon muß einer der Ausgänge auf 0 und der andere auf 1 liegen. Welches Gatter nach dem Einschalten auf 0 und welches auf 1 liegt, ist rein zufällig. Daß aber beide Ausgänge einen zueinander invertierten Zustand haben müssen, können wir leicht nachprüfen. Nehmen wir

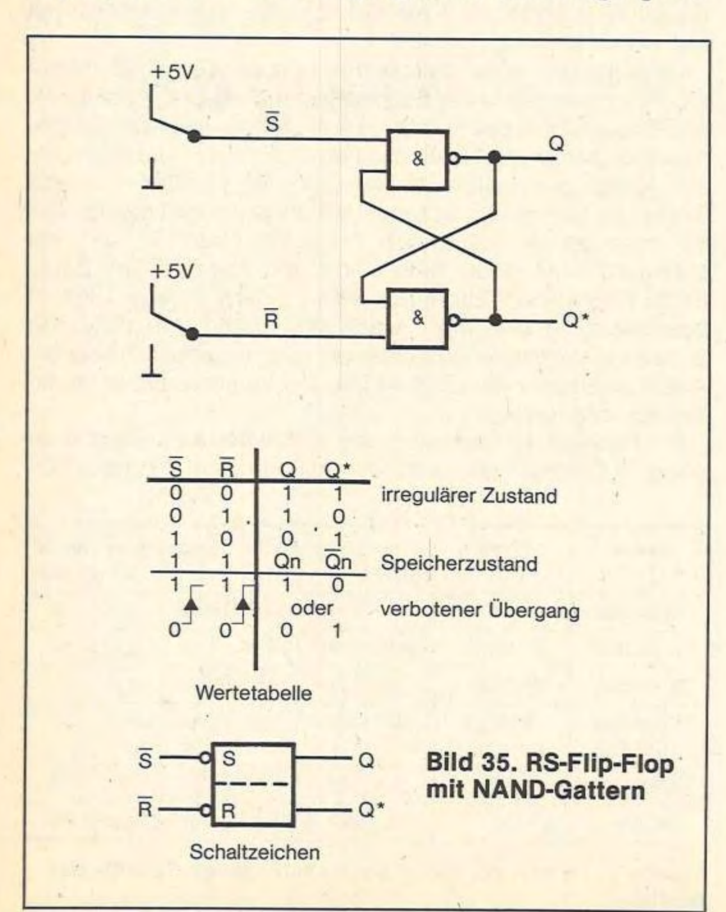


Bild 35. RS-Flip-Flop mit NAND-Gattern

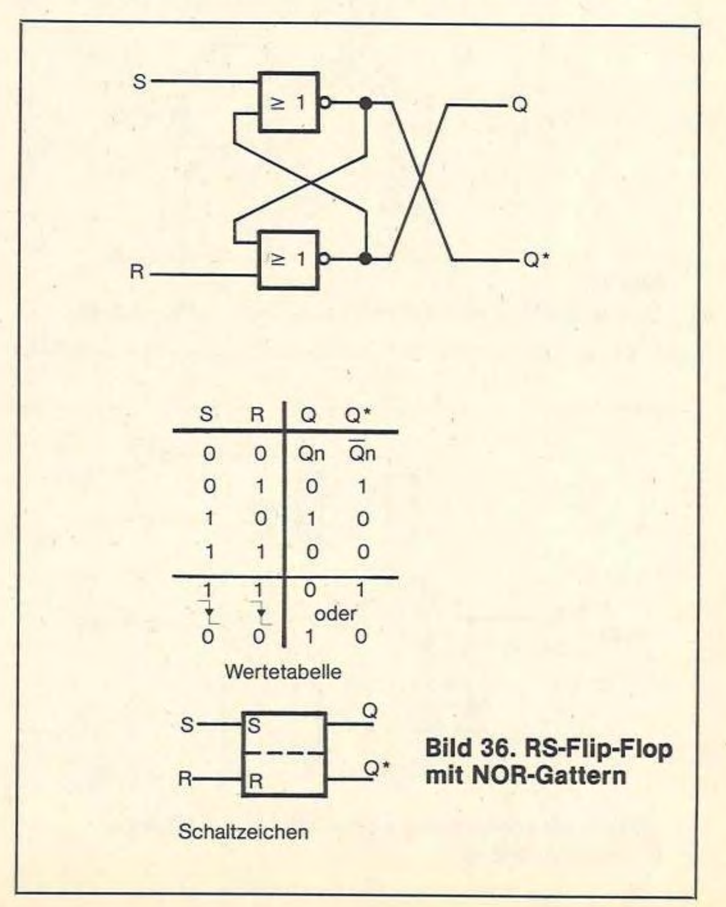
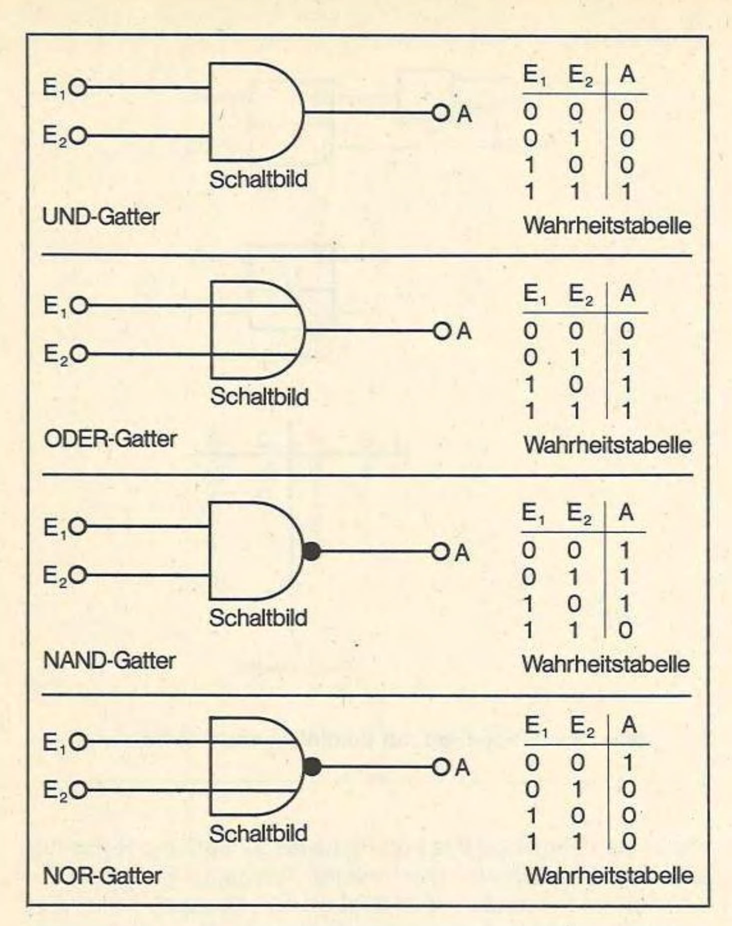


Bild 36. RS-Flip-Flop mit NOR-Gattern



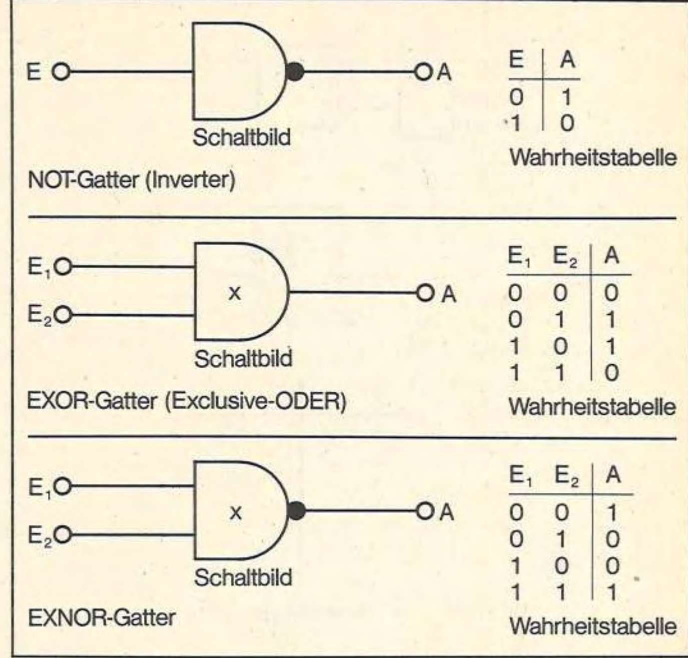


Tabelle 8. Zusammenfassung der verschiedenen Gatter-Typen

2000 Mark für die beste Kernelumschaltung am Expansion-Port

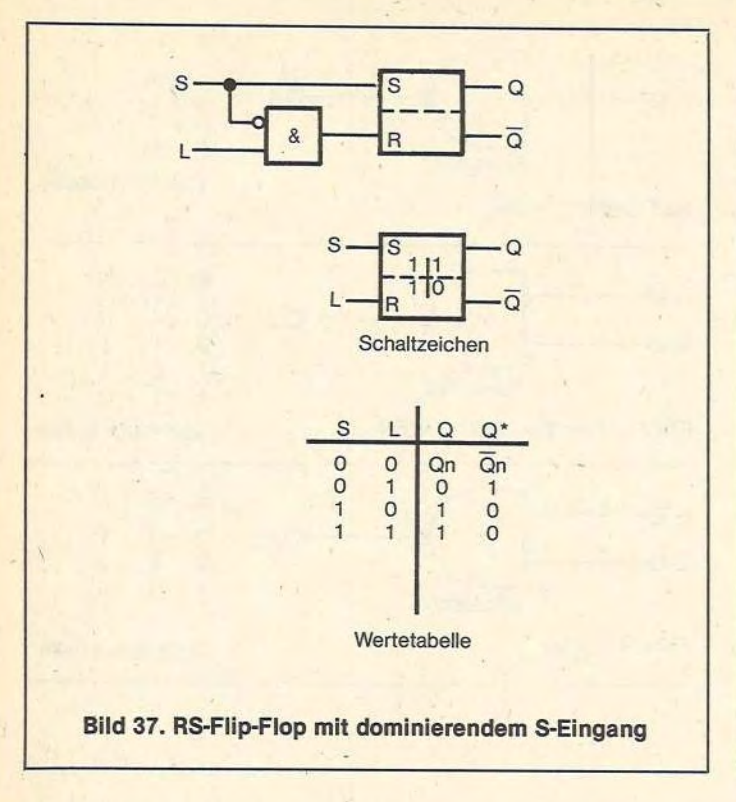
Dieses Mal sind die Hardware-Bastler unter Ihnen gefragt. Wir suchen eine Möglichkeit, mit der man am Expansion-Port des C64 oder C128 eine Umschaltplatine anbringen kann. Diese Umschaltplatine soll in der Lage sein, zwischen mindestens vier Betriebssystemen (jedes in einem eigenen EPROM) des Computers absturzfrei umschalten zu können, wobei sowohl der Modul-Speicher ab $8000, als auch der RAM-Bereich unter dem Betriebssystem von $E000 bis $FFFF freibleiben muß. Mit anderen Worten: Es handelt sich um eine Auslagerung des Betriebssystems aus dem Sockel auf der Platine in den Expansion-Port, wobei ein Öffnen des Computers unterbleiben soll. Der Expansion-Port sollte dabei natürlich durchgeschleift werden.

Die Anregung zu diesem Projekt gab uns der C64C und der C128. Bei beiden Computern ist es praktisch nicht mehr möglich, eine Umschaltplatine für mehrere Betriebssysteme im Computer unterzubringen. Hier ist der Platz im Gehäuse zu eng bemessen. Haben Sie also zum Beispiel das »Hypra-Kernel« und das »64'er-DOS«, so benötigen Sie eine Umschaltplatine, wenn Sie nicht jedesmal das EPROM auf der Platine austauschen wollen. Die nächstliegende Lösung ist also der Anschluß einer solchen Umschaltplatine am Expansion-Port des Computers, wobei diese Lösung zusätzlich den Vorteil hat, daß ein eventuell eingelötetes Kernel nicht mehr ausgelötet werden muß.

Wenn Sie also das eine oder andere Projekt in dieser Hinsicht schon in Angriff genommen haben oder eine Neuentwicklung beabsichtigen, schicken Sie uns Ihre Lösung bis zum 1. Februar 1987 (Datum des Poststempels) ein. Wir prämieren die beste Lösung mit 2000 Mark und veröffentlichen sie im 64'er-Magazin. Benötigt werden von uns dabei, neben einem Fertiggerät, die ausführliche Bauanleitung, Bauteileliste, Bestückungsplan und das Platinenlayout. Bitte schicken Sie Ihre Lösung an die folgende Adresse:

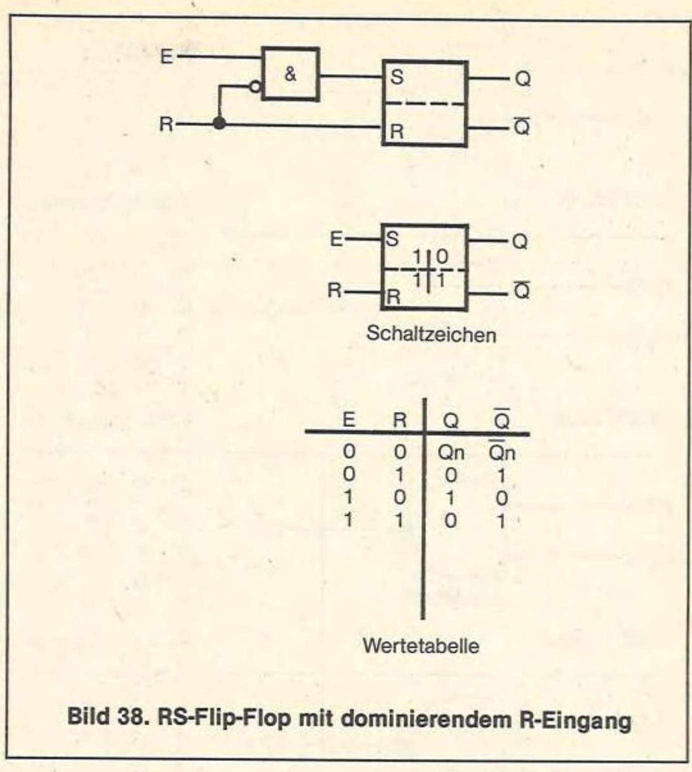
Markt & Technik Verlag AG
Redaktion 64'er
Wettbewerb: Umschaltplatine
Hans-Pinsel-Straße 2
8013 Haar bei München

Wir wünschen Ihnen viel Erfolg bei diesem Wettbewerb. Vielleicht kommt jetzt auch endlich der C 64C zu Ehren. Dieser Computer stand Betriebssystem-Erweiterungen bisher, wegen seiner sehr engen und kompakten Bauweise, eher »feindselig« gegenüber.



S	L	Q	Q*
0	0	Qn	Q̄n
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	1	0

Bild 37. RS-Flip-Flop mit dominierendem S-Eingang



E	R	Q	Q̄
0	0	Qn	Q̄n
0	1	0	1
1	0	1	0
1	1	0	1

Bild 38. RS-Flip-Flop mit dominierendem R-Eingang

an, daß beide Ausgänge nach dem Einschalten den Zustand 0 aufweisen. Da die Ausgänge mit jeweils einem Eingang des anderen Gatters verbunden sind, müßten beide Gatter jetzt ihren Ausgangszustand auf 1 ändern. Wie wir bereits wissen, hat ein NAND-Gatter immer dann eine 1 am Ausgang, wenn ein Eingang auf 0 liegt. Die Schaltzeiten der Gatter unterscheiden sich durch Fertigungstoleranzen voneinander. Das schnellere Gatter hat als erstes eine 1 am Ausgang. Damit liegt aber an beiden Eingängen des anderen Gatters eine 1 an, und es beläßt seinen Ausgangszustand auf 0. Das Flip-Flop ist nun in einem stabilen Zustand. Betätigt man jetzt den Taster, der für das Gatter mit einer 0 am Ausgang zuständig ist, dann wechselt der Ausgangszustand an diesem Gatter von 0 auf 1. Das andere Gatter wechselt dadurch auch seinen Zustand und zwar von 1 auf 0. Jede weitere Betätigung des Tasters hat keine weitere Reaktion zur Folge. Erst eine Betätigung des anderen Tasters läßt das Flip-Flop wieder kippen. Bezogen auf den Ausgang mit der Bezeichnung Q, werden die beiden Eingänge des Flip-Flops als S-(Set) und R-(Reset) Eingang bezeichnet. Der zweite Ausgang wird mit Q* bezeichnet. Normalerweise liegt am Q*-Ausgang immer der invertierte Logikpegel von Ausgang Q an. Wenn aber beide Eingänge des Flip-Flops 0-Pegel führen, dann liegen beide Ausgänge auf 1. Dieser Zustand wird als irregulärer Zustand bezeichnet. Werden jetzt nämlich beide Eingänge gleichzeitig wieder auf 1 gelegt, so kann am Q*-Ausgang entweder eine 1 oder eine 0 erscheinen. Dies ist wie beim Einschalten nur abhängig von den Gatterschaltzeiten. Der Ausgangszustand ist nach dem soeben beschriebenen Übergang also nicht definiert.

Das beschriebene Flip-Flop aus zwei NAND-Gattern ist ein RS-Flip-Flop mit invertierten Eingängen. Das heißt, es wird mit einer logischen 0 am Eingang gesetzt oder zurückgesetzt. Es gibt natürlich auch ein RS-Flip-Flop, das durch eine logische 1 gesetzt oder zurückgesetzt wird. Dieses Flip-Flop wird mit NOR-Gattern aufgebaut (Bild 36). Um den nichtdefi-

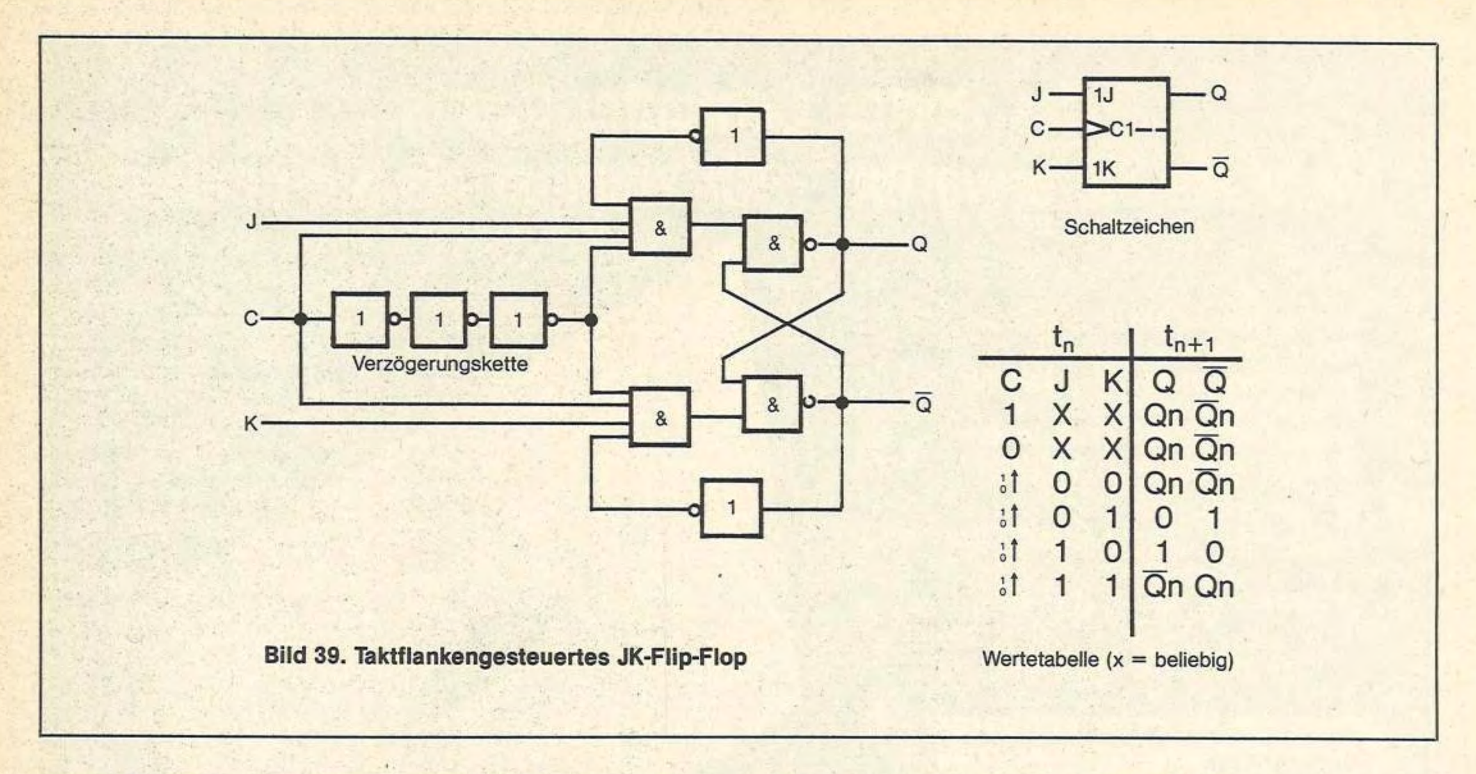












t_n			t_{n+1}	
C	J	K	Q	$\overline{Q}$
1	X	X	Qn	$\overline{Qn}$
0	X	X	Qn	$\overline{Qn}$
$_0^1\uparrow$	0	0	Qn	$\overline{Qn}$
$_0^1\uparrow$	0	1	0	1
$_0^1\uparrow$	1	0	1	0
$_0^1\uparrow$	1	1	$\overline{Qn}$	Qn

Wertetabelle (x = beliebig)

Bild 39. Taktflankengesteuertes JK-Flip-Flop

nierten Zustand zu vermeiden, werden RS-Flip-Flops mit weiteren Gattern beschaltet. Je nachdem, an welchem Eingang dieses Gatter geschaltet wird, gibt es Flip-Flops mit dominierendem R- oder S-Eingang (Bild 39 und 40).

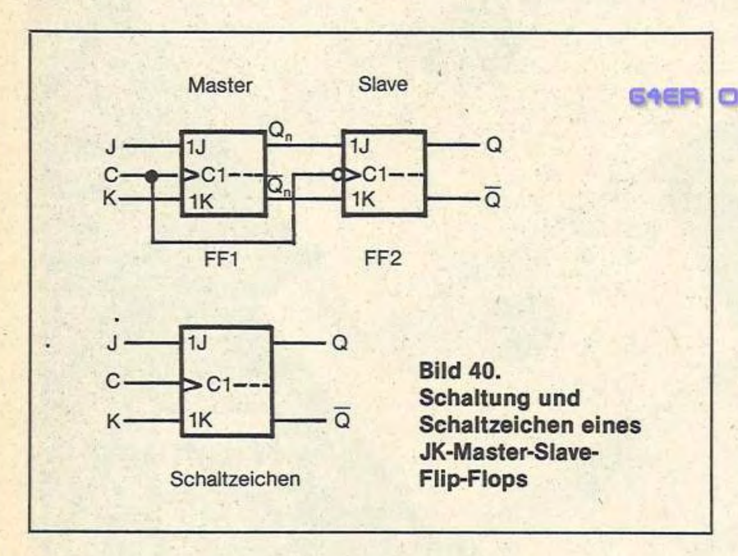
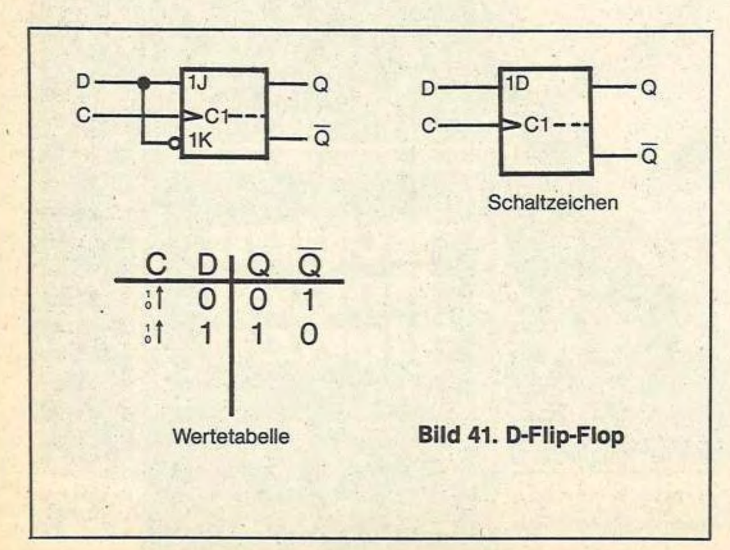


Bild 40. Schaltung und Schaltzeichen eines JK-Master-Slave-Flip-Flops



C	D	Q	$\overline{Q}$
$_0^1\uparrow$	0	0	1
$_0^1\uparrow$	1	1	0

Wertetabelle

Bild 41. D-Flip-Flop

Die soeben besprochenen RS-Flip-Flops zählen zu den asynchronen Flip-Flops, da sie zu jeder Zeit gesetzt und zurückgesetzt werden können. Synchrone Flip-Flops können nur in Verbindung mit einem Taktsignal gesteuert werden. Taktgesteuerte Flip-Flops besitzen außer den Setz- und Rücksetzeingängen noch einen separaten Takteingang C, auch Clock-Eingang genannt. In Bild 39 wird die Realisierung des Takteinganges an einem JK-Flip-Flop gezeigt. Je zwei Eingänge der beiden Eingangsgatter liegen dabei am Eingang und am Ausgang einer Inverterkette. Infolge der Gatterdurchlaufzeiten liegen Eingang und Ausgang dieser Kette nur für eine kurze Zeit auf dem gleichen Pegel. Nur in diesem Fall kann die jeweilige Eingangsinformation durch das Eingangsgatter des Flip-Flops durchgeschaltet werden.

Das JK-Flip-Flop enthält außerdem noch eine Rückkopplung der Ausgänge auf die Eingänge. Dadurch wird der irreguläre Zustand vermieden. Liegen am J- und K-Eingang 1-Pegel an, dann kippen die Ausgänge bei jedem Taktimpuls.

Die Taktsteuerung kann so ausgelegt werden, daß ein Eingangssignal mit der positiven oder mit der negativen Flanke des Taktsignals übernommen wird. Ein Flip-Flop, das mit der positiven Flanke das Eingangssignal einliest und mit der negativen Flanke an den Ausgang durchschaltet, ist das Master-Slave-Flip-Flop (Bild 40). Es besteht aus zwei hintereinandergeschalteten Flip-Flops. Die Takteingänge sind dabei über einen Inverter miteinander verbunden.

Als letztes Flip-Flop möchte ich noch das D-Flip-Flop besprechen (Bild 41). Dieses Flip-Flop besitzt nur einen Stelleingang D. Der Zustand des D-Eingangs wird bei jedem Taktimpuls an den Ausgang durchgeschaltet. Realisiert wird dieser Flip-Flop-Typ mit einem JK-Flip-Flop, bei dem der K-Eingang über einen Inverter mit dem J-Eingang verbunden wird. Der J-Eingang stellt dann den D-Eingang dar.

Damit wären wir am Ende unseres kleinen Kurses angelangt. Mehr als einen groben Überblick über einige Bauteile konnte ich Ihnen leider nicht geben. Über jedes der besprochenen Bauteile sind schon Bücher gefüllt worden. Eine tiefergehende Betrachtung der Bauelemente würde den Rahmen dieses Heftes sprengen. Sollten Sie allerdings Interesse an der Elektronik und damit der Hardware bekommen haben, dann empfiehlt es sich, durch viel Bastelei und viel Lesen von Büchern und Fachzeitschriften tiefer in die Materie einzusteigen. (H. Zwartscholten/ah)

Digital-Analog- und Analog-Digital-Wandler zum Mitmachen

Wenn Sie Ihren Computer zu Steuer- und Regelungszwecken einsetzen wollen, ist eine elektronische Schaltung erforderlich, die dem Computer die Meßwerte in einer Art mitteilt, die er versteht. Hier erklären wir Ihnen, wie solche Schaltungen funktionieren und wie man sie realisiert.

Technische Prozesse benötigen für die Steuerung und Regelung analoge Stellgrößen. Möchte man nun einen Prozeß mit einem Computer steuern, dann müssen die Meßwerte in digitaler Form vorliegen, denn der Computer versteht von Haus aus nur die digitale, oder genauer gesagt, die binäre Sprache. Umgekehrt muß das digitale Ausgangssignal des Computers wieder in eine analoge Stellgröße für den zu steuernden Prozeß gewandelt werden. Es wird also eine Schnittstelle benötigt, die die analogen Signale in digitale Signale und umgekehrt wandelt. Grundsätzlich kann diese Schnittstelle nur hardwaremäßig aufgebaut werden, dagegen hilft die Software nur zum Betrieb dieser Umwandler und zur Auswertung der gelieferten Digitalwerte.

Wie solche Analog-Digital-Wandler und Digital-Analog-Wandler von ihrem Aufbau und ihrer grundsätzlichen Struktur her aussehen, soll das Thema dieses Artikels sein. Damit die ganze Sache nicht allzu trocken vonstatten geht, werden wir ein paar der beschriebenen Wandler experimentell aufbauen und am C 64 betreiben. An die aufgebauten Schaltungen sollen natürlich keine hohen Anforderungen hinsichtlich Genauigkeit oder universelle Einsetzbarkeit gestellt werden. Für diese Zwecke gibt es eine Reihe sehr guter integrierter Schaltungen, die sehr viel genauer und für technische Anwendungen wesentlich besser geeignet sind. Aus diesem Grund und zur Kostenersparnis bei den Experimenten werden wir nur Digital-Analog-Wandler und Analog-Digital-Wandler mit 4 Bit Breite aufbauen.

Digital-Analog-Umwandlung

Der Digital-Analog-Wandler, im folgenden kurz DAU genannt, soll an erster Stelle behandelt werden, da er bei einigen Analog-Digital-Wandlern vom Aufbau her eine nicht unerhebliche Rolle spielt.

In Bild 1 sehen Sie das Prinzip eines DAU. Im wesentlichen besteht der DAU aus einem Summierverstärker. Ein solcher Summierverstärker hat die Eigenschaft, alle an seinen Eingängen anliegenden Spannungen aufzusummieren und die Summe der Spannungen am Ausgang abzugeben. Dabei geht das Ganze nach folgender Regel vor sich.

`-Ua=Ue0*Rr/R0+Ue1*Rr/R1+...+Uex*Rr/Rx`

Wie Sie sehen, werden die einzelnen Eingangsspannungen zuerst im Verhältnis vom Rückkopplungswiderstand Rr zum Eingangszweigwiderstand Rx verstärkt und danach aufsummiert.

Beim DAU wird anstelle von verschiedenen Eingangsspannung an alle Eingänge die gleiche Referenzspannung Uref angelegt. Für jeden Eingang existiert dafür ein Schalter.

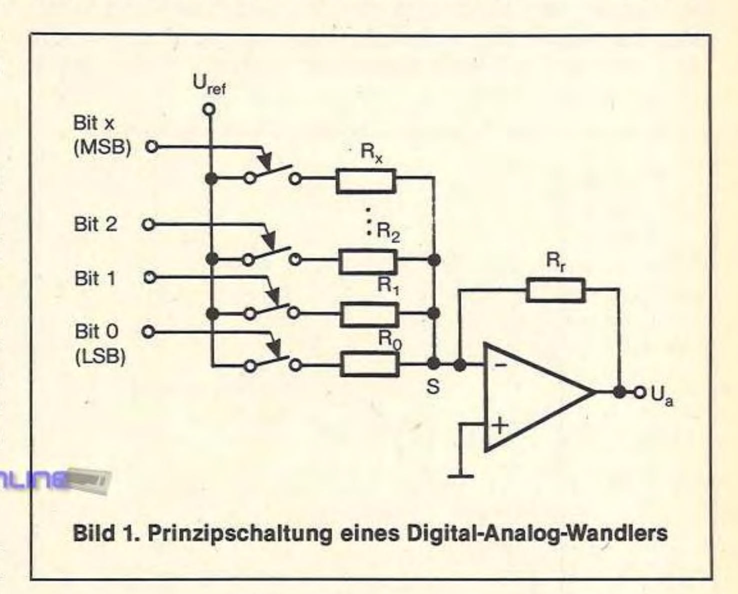


Bild 1. Prinzipschaltung eines Digital-Analog-Wandlers

Gesteuert werden die einzelnen Schalter von den Digitalausgängen des Computers, im Falle des C 64 können dies die Ausgänge D0 bis D7 des User-Ports sein. Die Eingangszweigwiderstände haben untereinander jeweils die Wertigkeit 1:2. Der erste Widerstand für das niederwertigste Bit, das LSB, hat den größten Widerstandswert, der Widerstand für den zweiten Eingang hat genau den halben Wert des ersten Widerstandes, der folgende Eingangswiderstand hat wieder den halben Wert des vorhergehenden und so weiter. Im Eingangszweig für das LSB fließt also der kleinste Strom im Eingangszweig für das höchstwertige Bit, das MSB, fließt demnach der größte Strom. Zum besseren Verständnis muß noch gesagt werden, daß im Summierverstärker eigentlich keine Spannungen, sondern Ströme summiert werden. Durch jede Eingangsspannung wird am entsprechenden Eingangswiderstand ein Strom mit der Größe Ix=Ux/Rx erzeugt. Alle Ströme werden im Summationspunkt S zum Gesamtstrom Ir aufsummiert. Dieser Gesamtstrom erzeugt am Rückkopplungswiderstand Rr wieder eine Spannung Ur. Die Spannung Ur ist aber immer mit der Ausgangsspannung Ua identisch. Durch den Umweg über den Strom werden letztendlich also Spannungen addiert. Jetzt ist auch erkenntlich, weswegen der Widerstand für das LSB der größte Widerstand sein muß. Es soll ja in diesem Zweig der kleinste Strom fließen. Im Zweig für das MSB muß dagegen der größte Strom fließen. Dieser Widerstand muß also am kleinsten sein. Wenn die Widerstände richtig gewählt wurden, dann verhalten sich die einzelnen Ströme untereinander im Verhältnis 1:2:4:8:etc. Dieses Verhältnis entspricht genau der Wertigkeit der einzelnen Bits eines Datenwortes.

Angenommen am Eingang eines 8-Bit-DAU liegt das Datenwort 00000000 an. Alle Schalter sind jetzt offen, es fließt kein Strom in den Eingangszweigen, demnach fließt auch über den Widerstand Rr kein Strom, und am Ausgang liegt die Spannung 0 Volt an. Legt man jetzt das Datenwort 11111111 an, dann muß am Ausgang des DAU die höchstmögliche, erreichbare Spannung anliegen. Die Höhe dieser Spannung hängt von der Wahl des Widerstandes Rr im Verhältnis zu den Eingangswiderständen ab. Mit den Eingangswiderständen und ihrem Verhältnis zueinander wird ja, wie wir gesehen haben, die Wertigkeit der einzelnen Eingangsspannungen untereinander eingestellt. Mit den Werten der Eingangswiderstände im Verhältnis zum Rückkopplungswiderstand Rr wird die Höhe der erreichbaren Ausgangsspannung beziehungsweise die Höhe der einzelnen Spannungssprünge eingestellt. Bei einem 8-Bit-DAU sind 28, also 256 verschiedene Spannungen oder 255 Spannungssprünge realisierbar. Das heißt, daß die Ausgangsspannung nicht jeden beliebigen Wert zwischen 0 Volt und Umax annehmen kann, sondern nur ganz bestimmte diskrete Werte. Beim oben genannten 8-Bit-DAU kann die Ausgangsspannung nur jeweils einen der 256 verschiedenen Werte annehmen. Bei einer maximalen Ausgangsspannung von 5 Volt wären das pro Sprung 5/255 Volt = 19,6 Millivolt. In Bild 2 ist dieser Sachverhalt für einen 4-Bit-DAU dargestellt.

Diese eben genannte Auflösung ist eines der Leistungsmerkmale für einen DAU. Ein 2-Bit-DAU ist mit seinen maximal vier Ausgangswerten also ziemlich ungenau, wogegen ein 16-Bit-DAU mit 65536 Werten mehr als hinreichend genau ist.

Als kleines Beispiel zum Probieren und Experimentieren wollen wir jetzt einen 4-Bit-DAU mit diskreten Bauelementen aufbauen. Bild 3 zeigt das Schaltbild dieses DAU. Als Summierverstärker kann außer des hier verwendeten Opamp 741 natürlich auch jeder andere Operationsverstärkertyp verwendet werden. Auffallend gegenüber dem DAU in Bild 1 ist die fehlende Referenzspannung. Da der DAU am User-Port des C64 betrieben werden soll, stellt die 5 Volt Ausgangsspannung des User-Ports in diesem Fall die Referenzspannung dar. Bauen Sie die Schaltung am besten auf einem

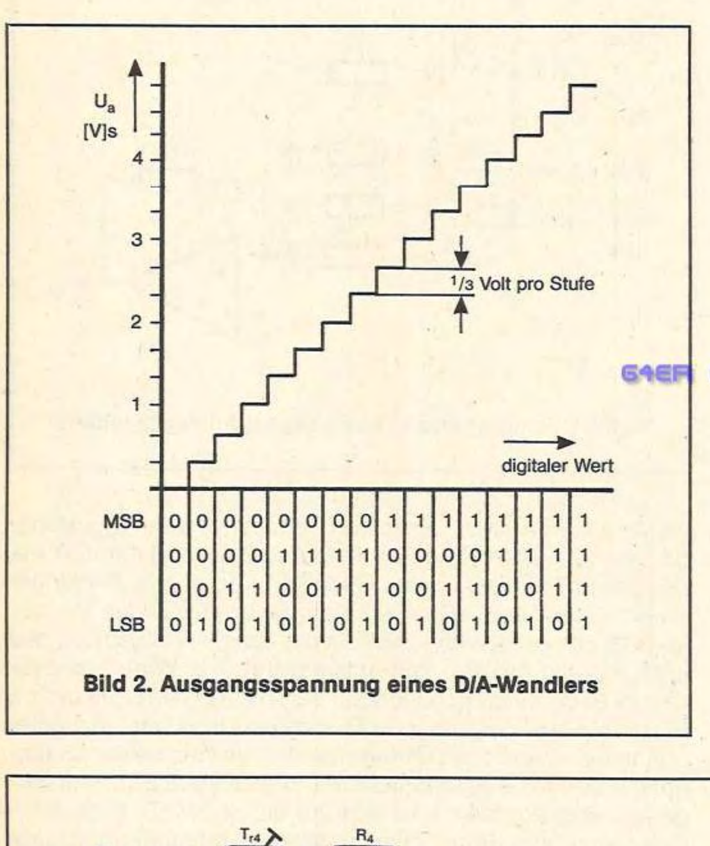
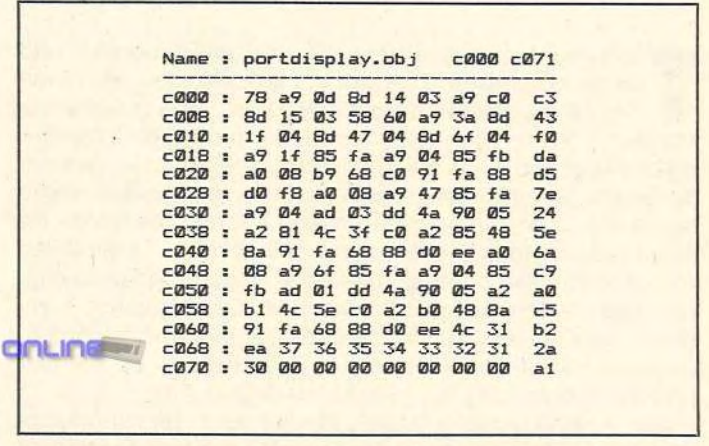


Bild 2. Ausgangsspannung eines D/A-Wandlers



```
Name : portdisplay.obj   c000 c071
-----------------------------------
c000 : 78 a9 0d 8d 14 03 a9 c0  c3
c008 : 8d 15 03 58 60 a9 3a 8d  43
c010 : 1f 04 8d 47 04 8d 6f 04  f0
c018 : a9 1f 85 fa a9 04 85 fb  da
c020 : a0 08 b9 68 c0 91 fa 88  d5
c028 : d0 f8 a0 08 a9 47 85 fa  7e
c030 : a9 04 ad 03 dd 4a 90 05  24
c038 : a2 81 4c 3f c0 a2 85 48  5e
c040 : 8a 91 fa 68 88 d0 ee a0  6a
c048 : 08 a9 6f 85 fa a9 04 85  c9
c050 : fb ad 01 dd 4a 90 05 a2  a0
c058 : b1 4c 5e c0 a2 b0 48 8a  c5
c060 : 91 fa 68 88 d0 ee 4c 31  b2
c068 : ea 37 36 35 34 33 32 31  2a
c070 : 30 00 00 00 00 00 00 00  a1
```

Listing 1. »User-Port-Display« – blendet Port-Zustand in den Bildschirm ein

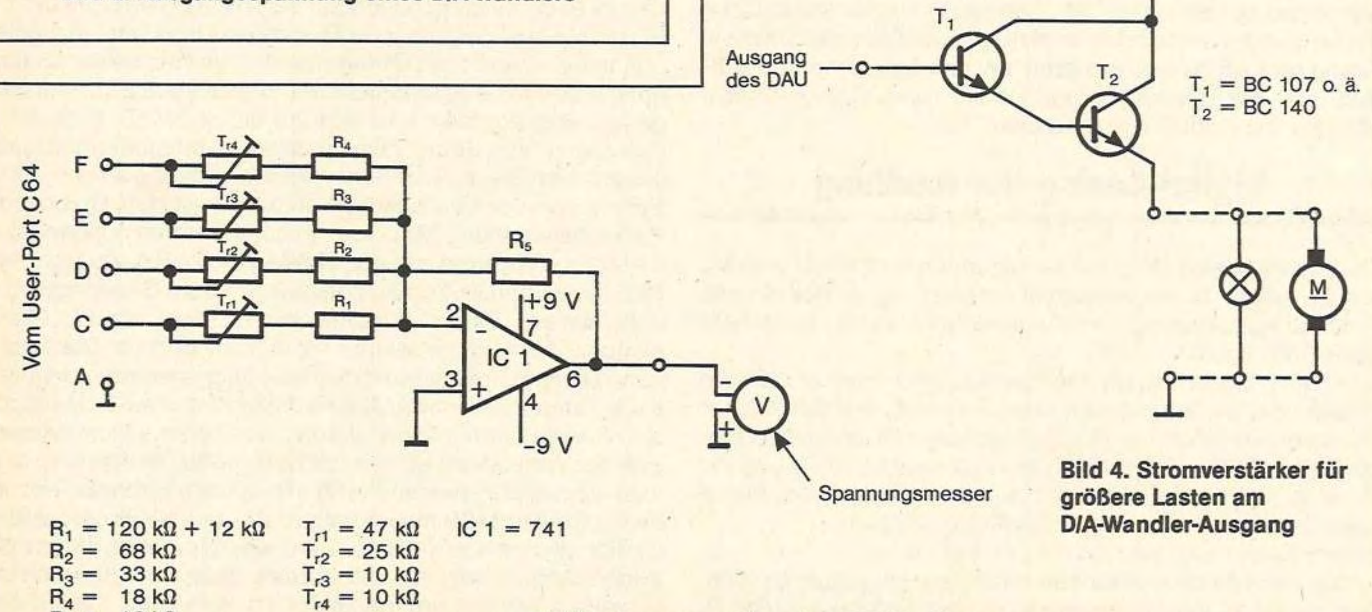


Bild 3. Versuchsaufbau des D/A-Wandlers

Bild 4. Stromverstärker für größere Lasten am D/A-Wandler-Ausgang

```
10 REM **************************           <050>
20 REM *        D/A-WANDLER        *         <251>
30 REM *    JUSTIERPROGRAMM        *         <000>
40 REM **************************           <080>
45 POKE 53280,6                              <107>
50 POKE 56579,15                             <013>
60 POKE 56577,00                             <000>
70 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT DARF AM A
   USGANG DES D/A WANDLERS{2SPACE}KEINE SP
   ANNUNG";                                  <223>
75 PRINT" ANLIEGEN"                          <210>
80 POKE 198,0:WAIT 198,1                     <052>
90 POKE 56577,01                             <034>
100 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT MUSS MIT
    TRIMMER1 AUF 0.33 V{6SPACE}ABGEGLICHE
    N WERDEN"                                <225>
110 POKE 198,0:WAIT 198,1                    <082>
120 POKE 56577,02                            <068>
130 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT MUSS MIT
    TRIMMER2 AUF 0.67 V{6SPACE}ABGEGLICHE
    N WERDEN"                                <225>
140 POKE 198,0:WAIT 198,1                    <112>
150 POKE 56577,04                            <106>
160 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT MUSS MIT
    TRIMMER3 AUF 1.33 V{6SPACE}ABGEGLICHE
    N WERDEN"                                <038>
170 POKE 198,0:WAIT 198,1                    <142>
180 POKE 56577,08                            <152>
190 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT MUSS MIT
    TRIMMER4 AUF 2.67 V{6SPACE}ABGEGLICHE
    N WERDEN"                                <046>
200 POKE 198,0:WAIT 198,1                    <172>
210 POKE 56577,15                            <172>
220 PRINT"{CLR,2RIGHT,5DOWN}JETZT MUSS AM
    AUSGANG DES D/A-WANDLERS{2SPACE}EINE S
    PANNUNG";                                <220>
230 PRINT" IN HOEHE VON 5V ANLIEGEN"         <114>
240 POKE 198,0:WAIT 198,1                    <212>
255 POKE 53280,14                            <003>
```

Listing 2. Zum Einstellen des Digital-Analog-Wandlers

Steckbrett oder einer Lochrasterplatine mit den angegebenen Bauteilwerten auf. Als Spannungsversorgung ist für den 741 eine positive und eine negative Spannung erforderlich.

Wer nicht über ein entsprechendes Netzteil verfügt, kann sich leicht mit zwei 9-Volt-Blockbatterien behelfen. Der 741 verträgt eine Spannung von maximal ±15 Volt, mindestens ±6 Volt sollten es aber schon sein.

Wenn Sie die Schaltung aufgebaut haben, dann überprüfen Sie sie nochmal in bezug auf Verbindungsfehler etc. Die ganze Schaltung wird schließlich am User-Port betrieben. Bevor Sie die Schaltung in Betrieb nehmen, müssen Sie zuerst die Programme 1 bis 3 abtippen. Programmlisting 1 stellt ein User-Port-Display dar. Das Programm wird mit SYS 49152 gestartet und zeigt danach ständig den Zustand des User-Ports in der rechten oberen Bildschirmecke an. Die obere Zeile gibt an, um welches Daten-Bit es sich jeweils handelt. Darunter wird durch ein inverses A oder E angezeigt, ob das jeweilige Bit auf Ausgabe oder Eingabe geschaltet ist. Die dritte Reihe schließlich zeigt den eigentlichen Zustand der acht Daten-Bit an.

Listing 2 dient zum Einstellen des DAU. Da in der Normreihe der Widerstände keine Werte enthalten sind, die sich im Verhältnis 1:2 verhalten, müssen wir uns die erforderlichen Werte mit Trimmwiderständen selbst zusammenbasteln.

Das Programm in Listing 3 schließlich steuert den DAU so an, daß an seinem Ausgang eine periodisch ansteigende und abfallende Spannung entsteht. Dies können Sie an dem angeschlossenen Voltmeter sehr schön erkennen.

Wenn Sie eine Zeitlang mit der Dreiecksspannung experimentiert haben, dann verändern Sie das Programm, um irgendeine andere Spannungsform zu bekommen. Die unteren 4 Bit des User-Ports müssen dazu auf Ausgabe gestellt werden. Dies erreicht man durch POKEn einer 15 in die Speicherstelle 56579. Diese Speicherstelle ist das

```
1 REM***********************************      <038>
2 REM*                                 *      <051>
3 REM* ERZEUGEN EINER DREIECKSPANNUNG  *      <218>
4 REM* MIT HILFE EINES D/A-WANDLERS    *      <112>
5 REM*                                 *      <054>
8 REM***********************************      <045>
9 :                                           <241>
10 POKE 56579,15:REM DATENRICHTUNGSREGISTE
   R                                          <057>
20 FOR I = 0 TO 15 :REM HIER WIRD EINE        <208>
30 POKE 56577,I    :REM ANSTEIGENDE           <110>
40 FOR X = 0 TO 50 :REM SPANNUNG              <085>
45 NEXT X          :REM ERZEUGT               <191>
50 NEXT I                                     <134>
55 :                                          <031>
60 FOR I = 15 TO 0 STEP -1:REM HIER           <105>
70 POKE 56577,I    :REM FAELLT DIE            <134>
80 FOR X = 0 TO 50 :REM SPANNUNG              <125>
90 NEXT X           :REM WIEDER AB            <003>
100 NEXT I                                    <184>
110 GOTO 20                                   <040>
```

Listing 3. Der D/A-Wandler erzeugt eine Dreiecksspannung

```
10 REM **************************             <144>
20 REM * ANSTEUERUNG VON MOTOR *              <159>
30 REM *  UND/ODER GLUEHBIRNE   *             <126>
40 REM **************************             <174>
45 :                                          <021>
50 B$="‾*****************‾"                   <172>
51 PRINT"{CLR,4DOWN,6RIGHT,10SPACE}111111"    <002>
52 PRINT"{6RIGHT}0123456789012345"            <133>
53 PRINT"{5RIGHT}‾±";RIGHT$(B$,16)            <131>
54 PRINT"{2DOWN,2RIGHT}BEDIENUNG DES SCHIE
   BEREGLERS MIT DEN{4SPACE}CURSORTASTEN"     <202>
60 POKE 56579,15                              <023>
70 I=0                                        <003>
80 GET A$:IF A$=""THEN 80                     <154>
90 IF A$="{DOWN}"THEN I=I-1                   <186>
100 IF A$="{RIGHT}"THEN I=I+1                 <170>
110 IF I>15 THEN I=15                         <098>
112 IF I<0 THEN I=0                           <200>
120 POKE 56577,I                              <174>
130 PRINT"{HOME,6DOWN,5RIGHT}"LEFT$(B$,I+1
    );"±";RIGHT$(B$,16-I)                     <243>
140 GOTO 80                                   <118>
```

Listing 4. Die Helligkeit einer Lampe läßt sich regeln

Datenrichtungsregister des User-Ports. POKEn Sie nur Werte nach guter Überlegung in dieses Register. Denn eine Portleitung, die auf Ausgabe geschaltet ist und von außen mit einer Spannung beaufschlagt wird, ist sehr schnell zerstört. Die Speicherstelle 56577 enthält den Zustand des Ports. Dieser Wert kann durch PEEKen gelesen oder durch POKEn beschrieben werden.

Schließen Sie noch keine größeren Verbraucher wie Lampen oder kleinere Motore an den DAU-Ausgang an. Der Baustein 741 kann nur maximal 25 mA liefern. Die Schaltung in Bild 4 ermöglicht den Anschluß einer 5-Volt-Lampe oder eines kleineren Motors an den DAU. Mit Hilfe des Programms aus Listing 4 können Sie die Helligkeit der Lampe oder die Drehzahl des Motors einstellen.

Der DAU, den wir bis jetzt besprochen und aufgebaut haben, hat den großen Nachteil, daß man ihn erst abgleichen muß. Bis auf die Einstellung der Ausgangsspannung entfällt dies beim DAU mit R2R-Netzwerk. Bild 5 zeigt einen solchen DAU. Es werden nur noch Widerstände der Größe R und 2R verwendet. Die Spannungen werden auch hier im Verhältnis 1:2:4:8 summiert. Wenn Sie den DAU mit R2R-Netzwerk aufbauen möchten, benötigen Sie mehrere Schalter und natürlich Widerstände mit einfachem und doppeltem Wert. Mit dem C64 können Sie den Wandler dann ansteuern, wenn Sie elektronische Schalter verwenden. Die Programme, die für den normalen DAU verwendet wurden, können natürlich

auch für einen DAU mit R2R-Netzwerk verwendet werden. Falls Sie mit Ihrem C64 irgendetwas messen wollen, so benötigen Sie einen A/D-Wandler. Hier gibt es im Gegensatz zu den D/A-Wandlern mehrere Verfahren.

Analog-Digital-Wandler

Gemessen wird bei den A/D-Wandlern fast immer eine Spannung. Alle anderen physikalischen Meßwerte werden durch geeignete Schaltungen zuerst in eine analoge Spannung umgeformt, die dann vom ADU gemessen wird.

ADU nach dem Zählverfahren

Bild 6 zeigt das Prinzip der Analog-Digital-Umwandlung nach dem Zählverfahren.

Ein Zähler zählt fortlaufend von 0 bis zum höchsten Wert. Dieser Wert ist durch die Bit-Breite des ADU gegeben. So müßte zum Beispiel bei einem 8-Bit-ADU immer von 0 bis 255 gezählt werden. Der Ausgang des Zählers wird von einem Digital-Analog-Wandler in eine entsprechende Analogspannung umgesetzt. Diese Spannung wird in einem Vergleicher mit der zu messenden Spannung verglichen. Sobald der Vergleicher die Übereinstimmung der Spannungen feststellt, ändert er seinen Ausgangszustand und stoppt dadurch den Zähler. Gleichzeitig wird dem angeschlossenen Computer ein Signal gegeben, daß die Analog-Digital-Wandlung, die ja einen bestimmten Zeitraum erfordert, abgeschlossen ist. Der Computer braucht jetzt nur noch den digitalen Wert am Ausgang des Zählers, der mit der zu messenden Spannung übereinstimmt, auszulesen. Danach kann der ADU zu einem weiteren Umwandlungsvorgang erneut gestartet werden.

Dieses Verfahren ist langsam und verhältnismäßig einfach und deshalb auch nicht sonderlich teuer. Je größer die Auflösung, sprich die Anzahl der Bits, des ADU ist, um so länger muß der Zähler im ADU zählen. Bei einer Genauigkeit von 12 Bit muß zum Beispiel maximal bis zum Wert 4096=2↑12 hochgezählt werden. Bei einem Takt von 1 MHz für den Zähler würde die Umwandlungszeit etwa 40 ms betragen. Diese 40 ms kann man selbstverständlich nur ansetzen, wenn am ADU die höchste zu messende Spannung anliegt. Bei kleineren Meßspannungen braucht der Zähler nicht soweit hochgezählt werden, und der Wandler ist schneller mit der Arbeit fertig.

Kommen wir wieder zu einem kleinen Experiment mit dem C64. Bild 7 zeigt den Versuchsaufbau.

```
10 REM ***************************          <050>
20 REM *  A/D-WANDLER NACH DEM    *          <047>
30 REM *      ZAEHLVERFAHREN       *          <222>
40 REM ***************************          <080>
50 :                                          <026>
60 POKE 56579,15                              <023>
64 :                                          <040>
65 REM AB HIER WIRD GEMESSEN                  <202>
66 :                                          <042>
70 FOR I=0 TO 15                              <189>
80 POKE 56577,I                               <134>
90 IF(PEEK(56577)AND 16)=16 THEN GOTO 150     <183>
100 NEXT                                      <110>
101 :                                         <077>
102 REM DIESER PROGRAMMTEIL WIRD BEI          <133>
103 REM UEBERLAUF DES ZAEHLERS                <103>
104 REM DURCHLAUFEN                           <205>
105 :                                         <081>
110 A$="-.--":GOTO 210                        <135>
114 :                                         <090>
115 REM HIER GESCHIEHT DIE AUFBEREITUNG       <238>
116 REM DES GEMESSENEN WERTES                 <226>
117 :                                         <093>
150 A=I/3                                     <069>
160 FOR I=0 TO 2                              <099>
170 Z=INT(A):A=(A-INT(A))*10                  <114>
180 Z$(I)=RIGHT$(STR$(Z),1)                   <143>
190 NEXT                                      <200>
200 A$=Z$(0)+"."+Z$(1)+Z$(2)+" VOLT"          <058>
201 :                                         <177>
202 REM HIER WIRD DER WERT ANGEZEIGT          <231>
203 REM UND ZUM MESSEN EINES NEUEN            <108>
204 REM WERTES ZUUECKGESPRUNGEN               <237>
205 :                                         <181>
210 PRINT"{CLR,2DOWN,3RIGHT}"A$               <161>
220 GOTO 70                                   <190>
```

Listing 5. Ein kleines Digitalvoltmeter

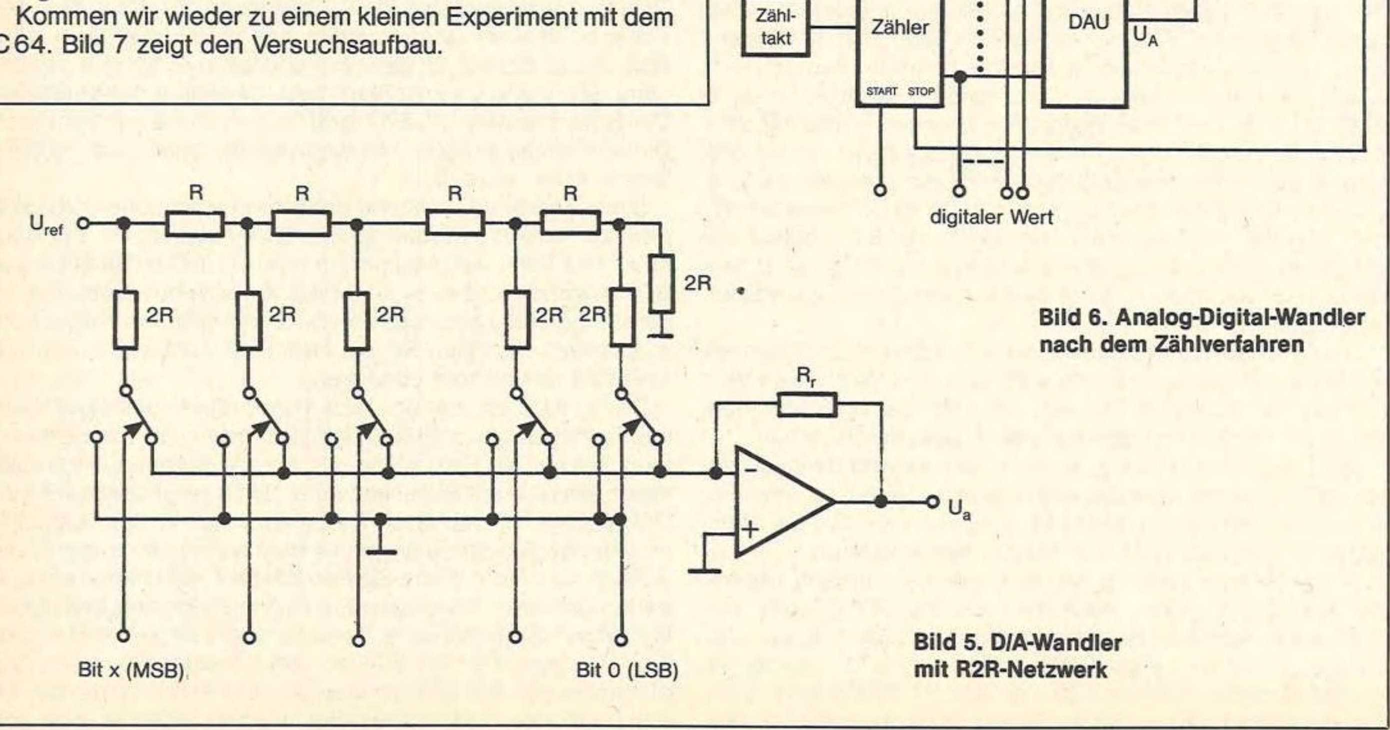


Bild 6. Analog-Digital-Wandler nach dem Zählverfahren

Bild 5. D/A-Wandler mit R2R-Netzwerk

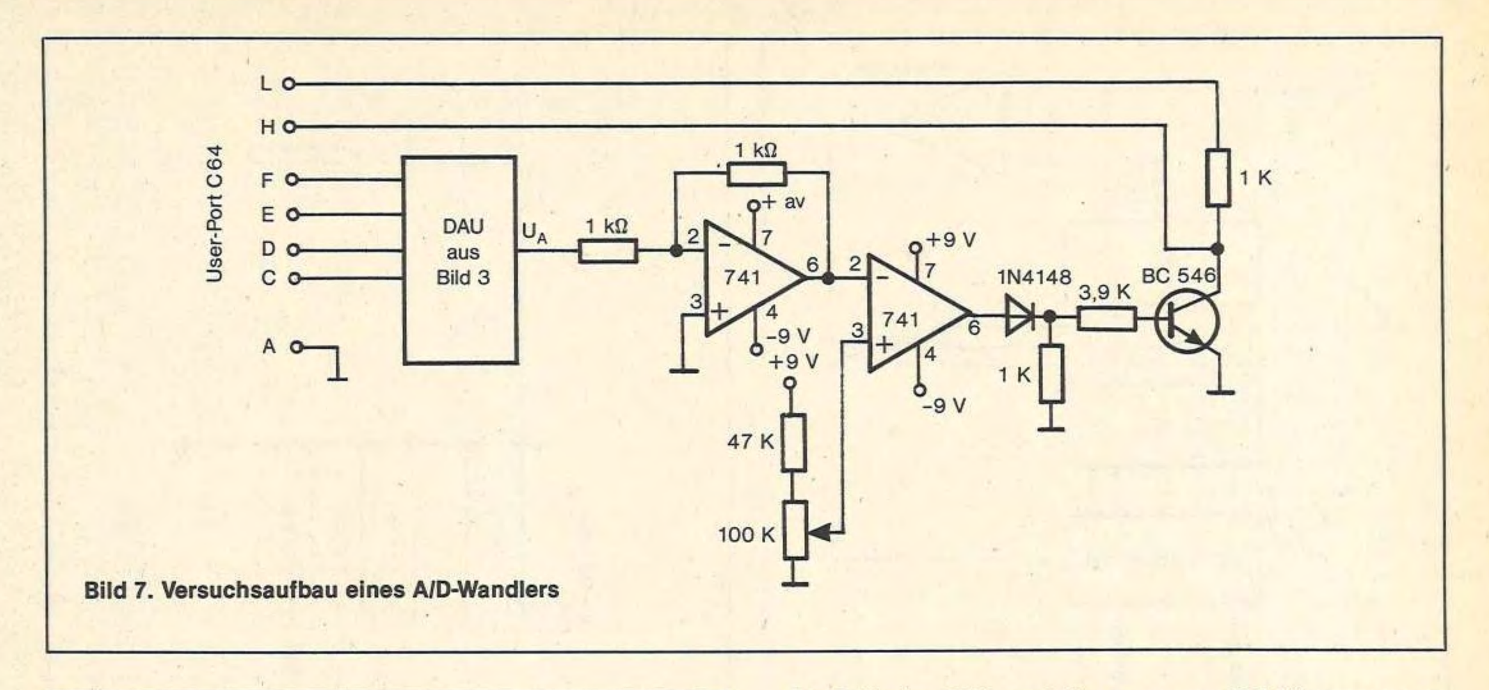


Bild 7. Versuchsaufbau eines A/D-Wandlers

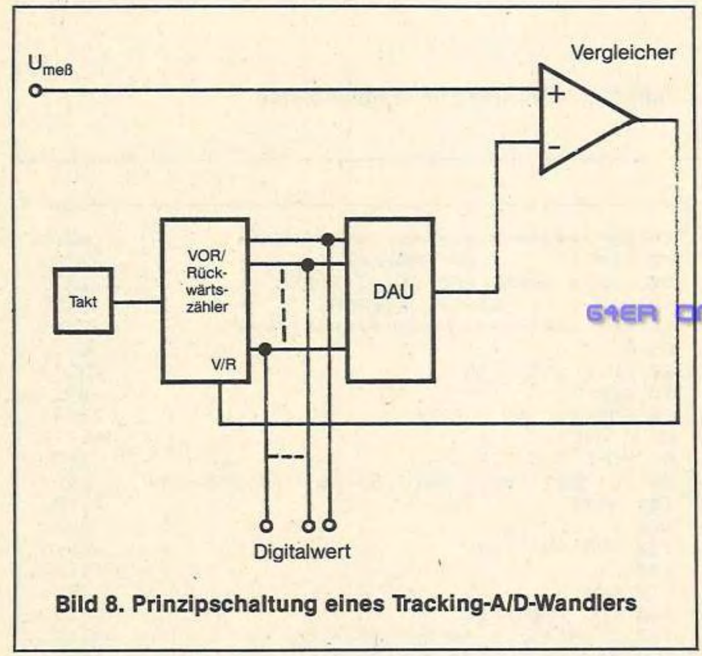


Bild 8. Prinzipschaltung eines Tracking-A/D-Wandlers

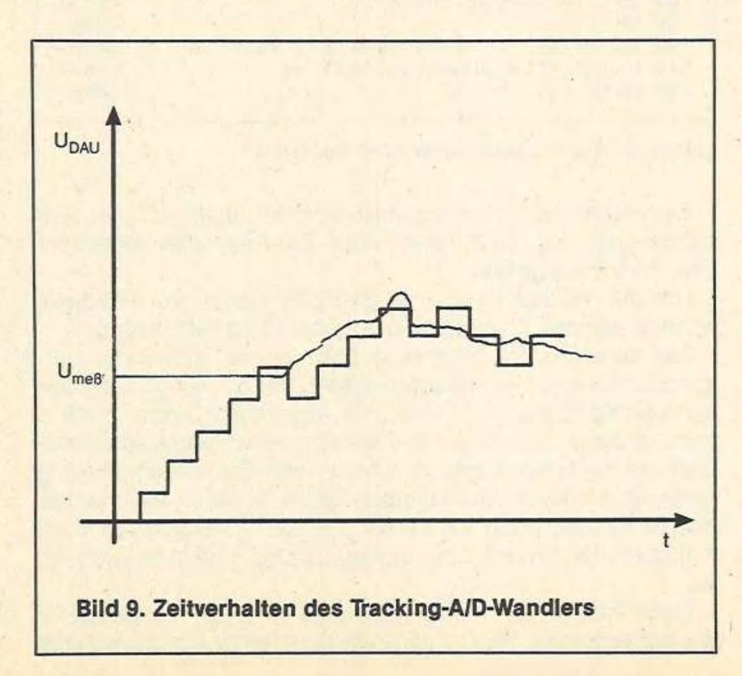


Bild 9. Zeitverhalten des Tracking-A/D-Wandlers

Die Rolle des Zählers wird von unserem C 64 übernommen. Den DAU haben wir noch aus unserem ersten Versuch, er benötigt zur weiteren Verwendung lediglich einen kleinen Zusatz. Da die Ausgangsspannung unseres DAU negativ ist, muß ein invertierender Verstärker dahintergeschaltet werden, um eine positive Spannung zu erhalten. Diese Spannung und die zu messende liegen an einem weiteren Baustein 741, der diesmal als Vergleicher beschaltet ist. Der Ausgang des Vergleichers liegt über einer Schaltung zur Pegelanpassung an der Leitung H des User-Ports. Die zu messende Spannung erhalten wir über den Abgriff eines Potentiometers. Falls Sie über ein regelbares Netzgerät verfügen, können Sie natürlich auch dessen Ausgangsspannung als Meßspannung verwenden.

Messen können Sie natürlich nur eine Spannung bis zur Höhe der Spannung, die der DAU liefert. Das Programm in Listing 5 realisiert ein kleines Digitalvoltmeter, das eine Spannung bis zur Höhe von 5 Volt mit einer Auflösung von 0,33 Volt mißt. Sobald der Zähler über die Zahl 15 hinauszählt, erscheinen in der Anzeige drei Striche, die einen Überlauf signalisieren.

Achten Sie bei der Realisierung von eigenen Meßprogrammen vor allen Dingen darauf, daß Bit 4 des User-Ports auf Eingabe geschaltet ist. Wie weiter oben erwähnt, riskieren Sie bei eingeschalteter Ausgabe von Bit 4 eine Zerstörung des User-Ports. POKEn Sie also bitte keinen Wert größer als 15 in die Speicherstelle 56579.

Eine Variante des Zählverfahrens ist der Tracking-ADU (Bild 8). Bei diesem Meßverfahren verfolgt der Umsetzer das zu messende Signal praktisch. Dazu ist der Zähler im ADU kein normaler Vowärtszähler, sondern ein Vor-/Rückwärtszähler. Sobald Vergleichs- und Meßspannung übereinstimmen, schaltet der Vergleicher die Zählrichtung des Zählers um. War die Richtung vorher vorwärts, dann zählt der Zähler jetzt abwärts. Falls sich das zu messende Signal nicht geändert hat, wird nach einem Zähltakt rückwärts die Zählrichtung sofort wieder umgeschaltet. Je nach der Richtung, in der sich das zu messende Signal verändert, läuft der ADU dem Meßsignal hinterher. Bild 9 zeigt dieses Verhalten in einem Zeitdiagramm. Der Vorteil ist die geringere Zeit, die vergeht, bis Meßwert und Vergleichsspannung übereinstimmen. Der Zähler braucht nicht jedesmal wieder von 0 zu starten. Der Nachteil sind die vollkommen unregelmäßigen Zeitpunkte, an denen ein wahrer Meßwert am ADU-Ausgang ansteht, und natürlich sehr schlecht bei einem Verfahren zu gebrauchen ist, bei dem der Umwandler periodisch abgefragt werden soll.

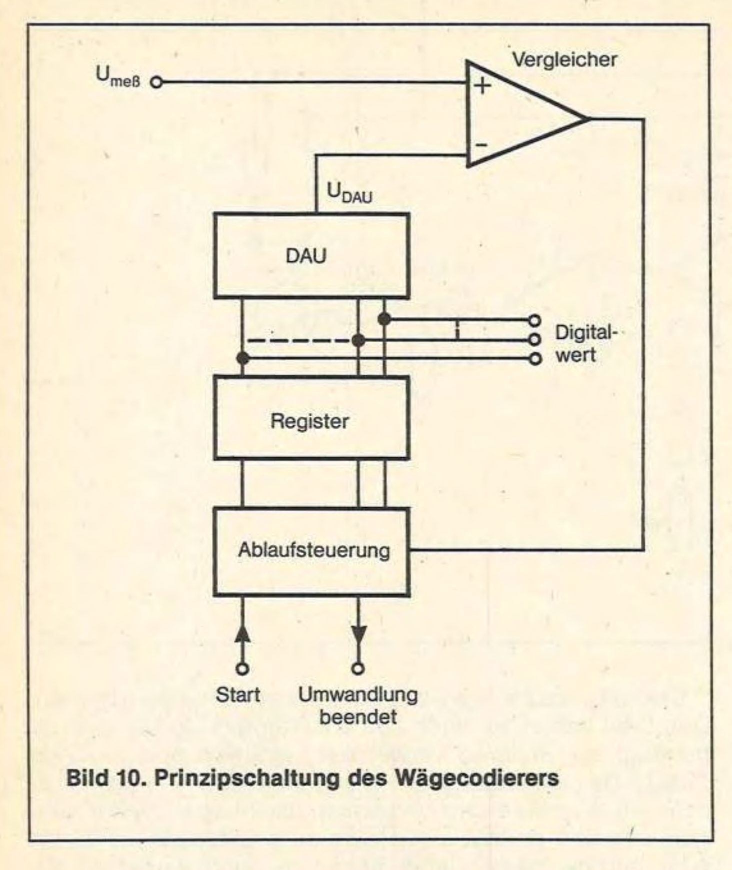


Bild 10. Prinzipschaltung des Wägecodierers

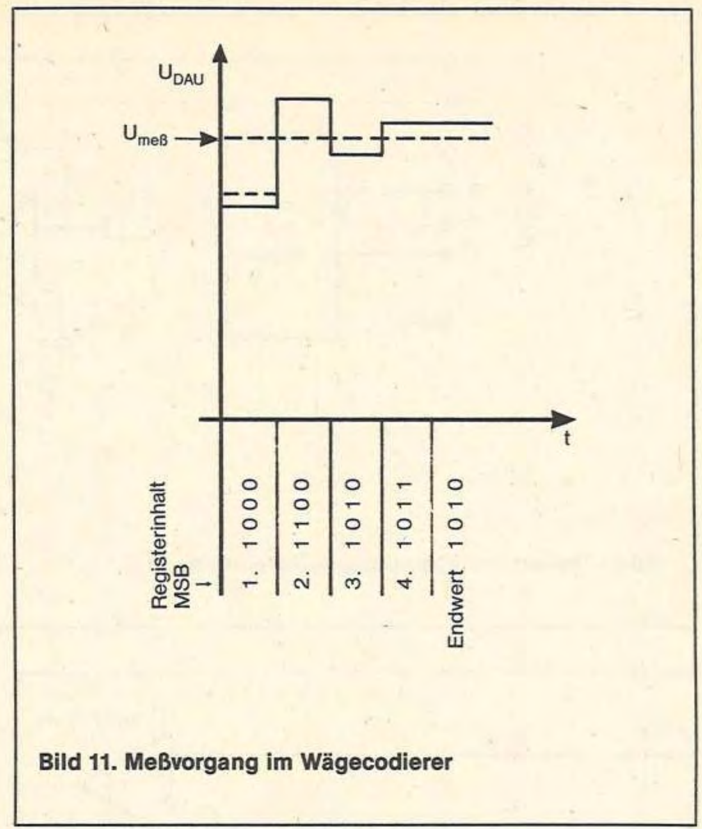


Bild 11. Meßvorgang im Wägecodierer

Um die größere Geschwindigkeit des Tracking-ADU mit der periodischen Ablesbarkeit zu vereinen, hat sich ein findiger Kopf das Verfahren des Wägecodierers ausgedacht.

Bild 10 zeigt das Prinzipschaltbild und Bild 11 einen Meßvorgang.

Durch die Ablaufsteuerung wird zuerst das MSB des Registers gesetzt. Jetzt fragt die Ablaufsteuerung beim Vergleicher an, ob die Vergleichsspannung größer als die Meßspannung ist. Falls die Vergleichsspannung größer ist, wird das zuletzt gesetzte Bit im Register wieder zurückgesetzt. Das Bit bleibt gesetzt, wenn die Vergleichsspannung kleiner als die zu messende Spannung ist. Dieser Vorgang wiederholt sich nun für alle Bits des Registers. Bei einem 8-Bit-ADU wird der Vorgang des Setzens und Abfragens also achtmal wiederholt. Nachdem alle Bits von der Ablaufsteuerung behandelt worden sind, steht im Register der digitalisierte Wert der zu messenden Spannung und kann zum Beispiel vom angeschlossenen Computer ausgewertet werden.

Wenn Sie ein wenig mit dem Prinzip des Wägecodierers experimentieren möchten, dann tippen Sie das Programm Listing 6 ab. Hardwaremäßig können Sie die Schaltung des ADU nach dem Zählverfahren am User-Port belassen. Durch das Programm wird der C64 nämlich als Ablaufsteuerung und Register eingesetzt und nur hierdurch unterscheidet sich ja der Wägecodierer-ADU vom Zählverfahren-ADU.

Der Wägecodierer hat natürlich den Vorteil, sehr viel schneller als der ADU nach dem Zählverfahren zu sein. Waren bei größtmöglicher zu messender Spannung und bei einem 8-Bit-ADU beim Zählverfahren noch 256 Schritte nötig, um den richtigen Meßwert zu erhalten, so ist die Anzahl der Schritte beim Wägecodierer auf maximal 8 beschränkt worden. Die Zeit hängt außerdem nicht mehr von der Höhe des Meßsignals ab, sondern beim Wägecodierer ist die Anzahl der Schritte proportional zur Bit-Breite des ADU (8 Bit = 8 Schritte). Dies ermöglicht die periodische Abfrage des ADU nach genau festlegbaren Zeiten. Sollte Ihnen einmal die Bezeichnung A-D-Wandler mit sukzessiver Aproximation unterkommen, dann verlieren Sie nicht den Mut, denn dies ist nur eine andere Bezeichnung für den Wägecodierer.

```
10 REM **************************          <050>
20 REM *        AD-WANDLER      *          <173>
30 REM *  NACH DEM PRINZIP DES  *          <222>
40 REM *     WAEGECODIERERS     *          <132>
50 REM **************************          <090>
55 :                                       <031>
60 POKE 56579,15                           <023>
65 A=0                                     <222>
70 FOR I=3 TO 0 STEP-1                     <044>
80 A=A+2↑I                                 <127>
85 POKE 56577,A                            <123>
90 IF(PEEK(56577)AND 16)=16 THEN A=A-2↑I   <215>
100 NEXT                                   <110>
120 :                                      <096>
130 REM ANZEIGE                            <191>
140 :                                      <116>
150 A=A/3                                  <197>
160 FOR I=0 TO 2                           <099>
170 Z=INT(A):A=(A-INT(A))*10               <114>
180 Z$(I)=RIGHT$(STR$(Z),1)                <143>
190 NEXT                                   <200>
200 A$=Z$(0)+"."+Z$(1)+Z$(2)+" VOLT"       <058>
210 PRINT"{CLR,2DOWN,3RIGHT}"A$            <161>
220 GOTO 65                                <006>
```

Listing 6. Ein Wägecodierer wird realisiert

Ein vollkommen anderes Verfahren der Analog-Digital-Umsetzung ist das Dual-Slope- oder Zwei-Rampen-Verfahren. Das Prinzip zeigt Bild 12.

Um den Ablauf beim Dual-Slope-Verfahren zu erläutern, können wir das Zeitdiagramm in Bild 13 zu Hilfe nehmen.

Ein Kondensator wird eine ganz genau definierte Zeitspanne mit einem konstanten Strom, der der Eingangsspannung proportional ist, geladen. Ein konstanter Strom ist erforderlich, damit die Ladung des Kondensators genau linear verläuft. Je nach Höhe der zu messenden Eingangsspannung fließt ein größerer oder kleinerer Strom in den Kondensator, das heißt, daß nach Ablauf der Ladezeit die Spannung am Kondensator, je nach Eingangsspannung, verschieden hoch ist.

Nach Ablauf des Aufladevorgangs wird der Kondensator wieder entladen. Hierzu wird ein konstanter Referenzstrom

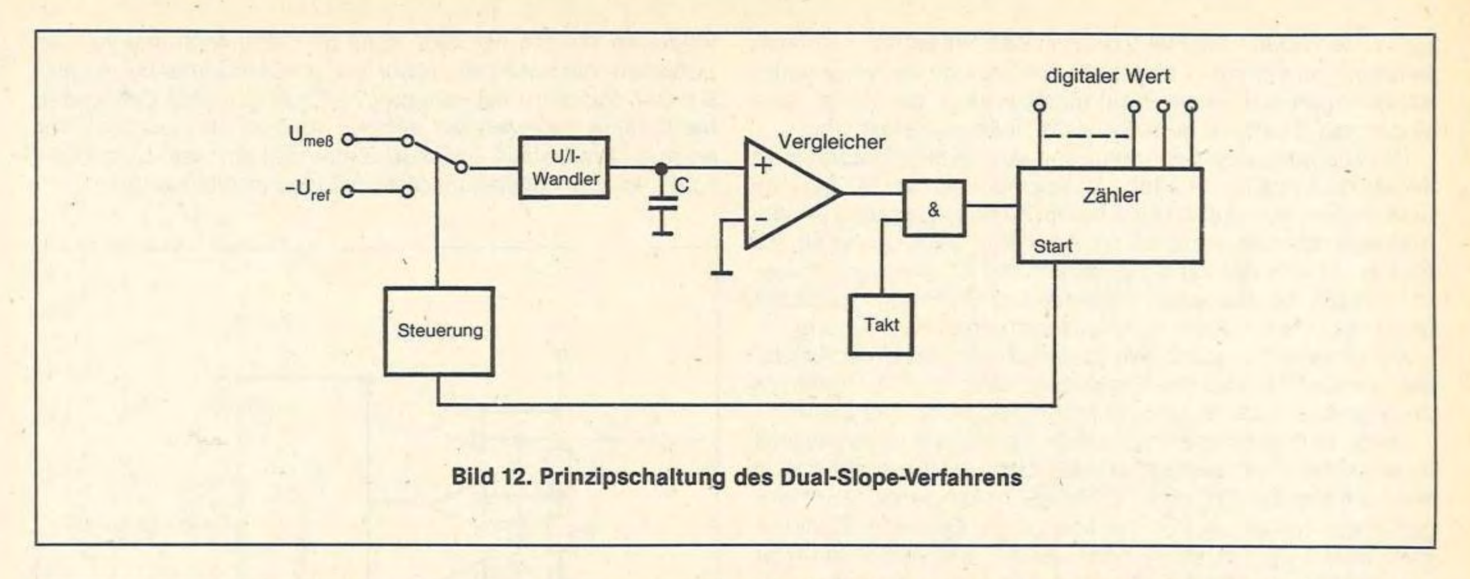


Bild 12. Prinzipschaltung des Dual-Slope-Verfahrens

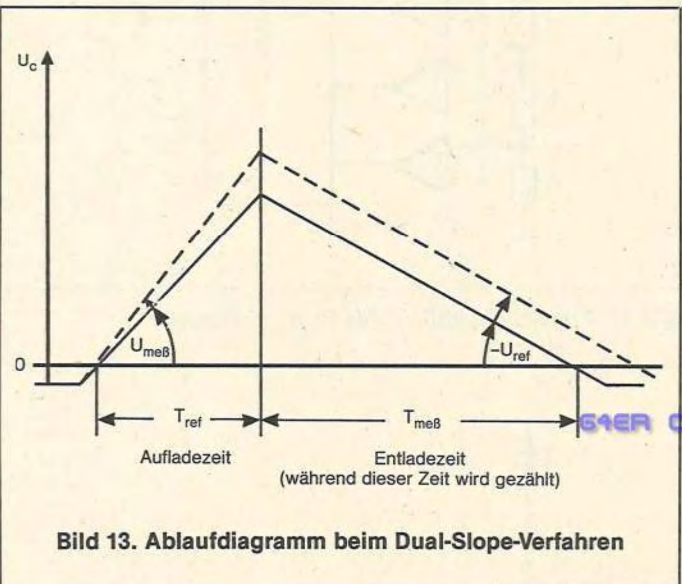


Bild 13. Ablaufdiagramm beim Dual-Slope-Verfahren

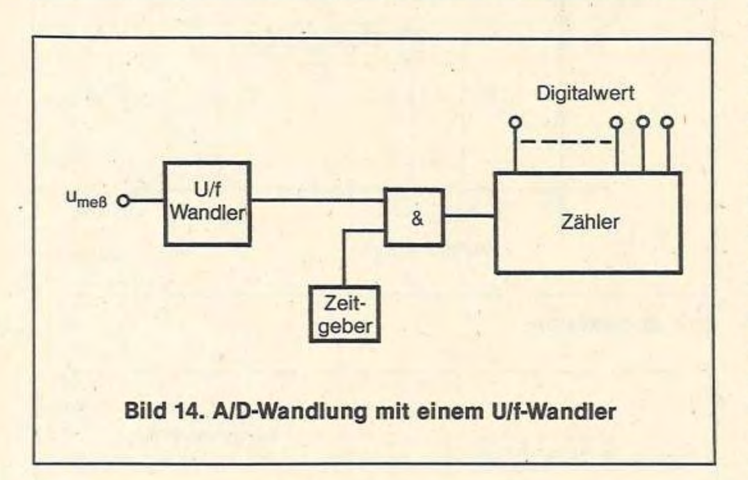


Bild 14. A/D-Wandlung mit einem U/f-Wandler

verwendet. Durch den konstanten Referenzstrom und die je nach Höhe der angelegten Meßspannung unterschiedliche Ladung des Kondensators, ist der Zeitraum für die Entladung ein Maß für die angelegte Meßspannung.

Damit auch ein digitaler Wert, der der zu messenden Spannung natürlich proportional sein soll, ausgegeben werden kann, wird mit Beginn der Entladung ein Zähler gestartet. Sobald der Kondensator entladen ist, wird dieser Zähler wieder gestoppt. Da die Taktfrequenz für den Zähler konstant, die Entladezeit dagegen variabel ist, wird der Zähler je nach Entladezeit ein unterschiedliches Zählergebnis aufweisen. Da die Entladezeit wiederum von der Größe der Ladung des Kondensators abhängt und diese wieder von der Meßspannung, ist das Zählergebnis ein direktes Maß für die zu messende Spannung.

Auch das Dual-Slope-Verfahren ist ein langsames Verfahren. Es hat aber den Vorteil, sehr genau zu sein, da sich alle möglichen Fehlerquellen durch den Auf- und Entladezyklus weitgehend kompensieren. Verwendet wird dieses Verfahren sehr oft beim Digital-Voltmeter.

Ein weiteres Verfahren, das ebenfalls durch einen Zählvorgang den digitalen Wert einer zu messenden Spannung bestimmt, ist die Analog-Digital-Wandlung mittels Spannungs-Frequenzumsetzung. Das Prinzipschaltbild ist in Bild 14 angegeben.

Spannungs-Frequenzwandler

Die erste Stufe, die Umwandlung einer Spannung in eine proportionale Frequenz, wird mit einem spannungsgesteuerten Oszillator (VCO) realisiert. Ein VCO ist eine etwas kompliziertere Schaltung, die, je nach Höhe der anliegenden Eingangsspannung, an ihrem Ausgang eine Wechselspannung mit konstanter Höhe, aber variabler Frequenz abgibt. Die Ausgangsimpulse dieses VCO steuern einen nachgeschalteten Zähler. Die Zeit, die für einen Zählvorgang gebraucht wird, ist konstant. Bei wechselnder Eingangsspannung und damit wechselnder Frequenz erhält der Zähler während des Zählzeitraums also eine unterschiedliche Anzahl Impulse. Der Ausgangszustand des Zählers nach Beendigung des Zählvorgangs ist damit der zu messenden Eingangsspannung direkt proportional und kann, da er ja digital vorliegt, von einem angeschlossenen Computer ausgewertet werden. Anwendung findet diese Art der Analog-Digital-Umwandlung vor allem bei der Prozeßrechentechnik. Die U/f-Wandler werden dabei direkt an den manchmal weit entfernten Meßstellen installiert. Die Ausgangsfrequenz wird dann zum Rechner übertragen, wo die Auswertung der Impulse stattfindet. Das Verfahren ermöglicht eine Übertragung von Meßwerten, die sehr störunempfindlich sind.

Alle bisher besprochenen ADUs haben den schwerwiegenden Nachteil, daß für die Umwandlung ein gewisser Zeitraum erforderlich ist. Für eine sehr schnelle Meßwertverarbeitung sind die Verfahren also nur bedingt zu gebrauchen. Der Parallelwandler benötigt praktisch keine Zeit, um den Meßwert umzuwandeln. Bild 15 zeigt einen solchen ADU. Das zu messende Signal wird hierbei an eine Kette von Vergleichern gelegt. Die Vergleichsspannung für jeden Vergleicher unterscheidet sich vom jeweils vorhergehenden um

genau den Spannungswert, den ein Bit beim digitalen Äquivalenzwert ausmacht. Gewonnen werden diese Vergleichsspannungen aus einer Referenzspannung, die durch eine Widerstandskette in genau gleiche Teile aufgeteilt wird.

Die zu messende Spannung und die Vergleichsspannung liegen gleichzeitig an allen Vergleichern an. Jeder Vergleicher meldet nun durch Umschalten seines Ausgangs, ob die Meßspannung an seinem Eingang größer oder kleiner als die für ihn zutreffende Vergleichsspannung ist. In einem Codierer werden die Ausgangssignale nun in BCD-Form gebracht und stehen am Ausgang zur Auswertung zur Verfügung.

Als Umwandlungszeit fällt praktisch nur die Umschaltzeit der Vergleicher und die Gatterdurchlaufzeit des Codierers an. Wandlungszeiten von 20 ns sind so keine Seltenheit.

Leider muß bei diesem Wandlertyp die Geschwindigkeit mit einem hohen Preis erkauft werden. Das Verfahren ist nämlich sehr aufwendig. Für einen 8-Bit-ADU sind genau 255 Vergleicher erforderlich, von der Menge der Gatter im Codierer ganz zu schweigen. Verwendet werden die Parallelumsetzer vor allen Dingen zur A/D-Wandlung von Videosignalen.

Nachdem wir die üblichen Arten der Digital-Analog-Umwandlung und der Analog-Digital-Umwandlung besprochen haben, sollen noch die einzelnen Fehler erklärt werden, die für die Auswahl eines passenden ADUs oder DAUs von Bedeutung sind.

Als erstes taucht in den Datenblättern immer wieder der sogenannte Diskretisierungsfehler auf. Bei einem DAU mit 8 Bit können 256 verschiedene Ausgangsspannungen eingestellt werden. Bei einem entsprechenden ADU kann man 256 verschiedene Ausgangsspannungen messen. Beim DAU wie auch beim ADU sind dies diskrete Werte, das heißt soviel, daß keine Spannung, die zwischen einer dieser Stufen liegt, eingestellt oder gemessen werden kann. Angezeigt oder eingestellt wird immer nur der Wert der vorhergehenden oder der nachfolgenden Stufe. Der Fehler beträgt also bei einer Spannung, die in der Mitte zwischen zwei Stufen liegt, genau $\pm 1/2$ Stufe. Bei unserem 4-Bit-Wandler mit 5 Volt Endspannung wäre der Diskretisierungsfehler, um den es sich hier handelt, also genau ±0,167 Volt. Diese Unsicherheit muß natürlich bekannt sein, damit ein Meßergebnis auch richtig bewertet werden kann. Der Diskretisierungsfehler nimmt übrigens mit der Anzahl der verfügbaren Stufen ab.

Genauigkeitsbetrachtung

Die Genauigkeit von DAUs und ADUs wird nur zum Teil vom Diskretisierungsfehler bestimmt. Weitere Fehler bei der Genauigkeit entstehen durch eine ungenaue Referenzspannung, oder durch nicht genau abgestimmte Widerstände in den jeweiligen Netzwerken. Bei guten Wandlern sind derartige Fehler jedoch sehr viel kleiner als der Diskretisierungsfehler.

Durch die Zeit, die bei den zählenden Wandlern für einen Meßvorgang benötigt wird, kann ein weiterer Fehler auftreten. In Bild 16 ist der Verlauf einer Spannung, die zu einem bestimmten Zeitpunkt gemessen werden soll, aufgezeichnet. Während der Meßzeit ändert sich die Spannung und erreicht am Ende der Meßzeit einen völlig anderen Wert als zu Beginn. Bei Zählern mit konstanter Meßzeit wird das Meßergebnis hierdurch stark verfälscht. So ist zum Beispiel beim Wägecodierer ein bestimmter Spannungswert schon abgefragt worden, und genau nach diesem Zeitpunkt überschreitet die zu messende Spannung einen Punkt zwischen zwei Stufen. Da dieser Sprung nicht mehr erfaßt werden kann, wird das Meßergebnis unter Umständen sehr ungenau. Vor allem beim Wägecodierer, der ja bei großen Werten beginnend zu kleineren Werten hin mißt, kann hier eine Meßunsicherheit auftreten, die sehr viel größer als der Diskretisierungsfehler ist. Bei Wandlern mit variabler Meßzeit kann die Größe des Meßfehlers dagegen nur schwer abgeschätzt werden. Der einzige Umwandler, bei dem dieser Fehler fast keine Rolle spielt, ist der Parallelumsetzer mit kleinen Meßzeiten.

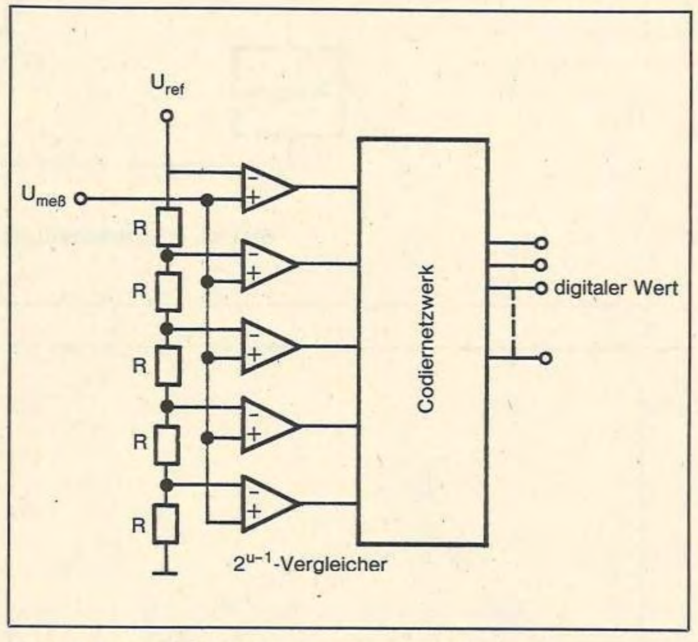


Bild 15. Prinzipschaltbild eines Parallel-Wandlers

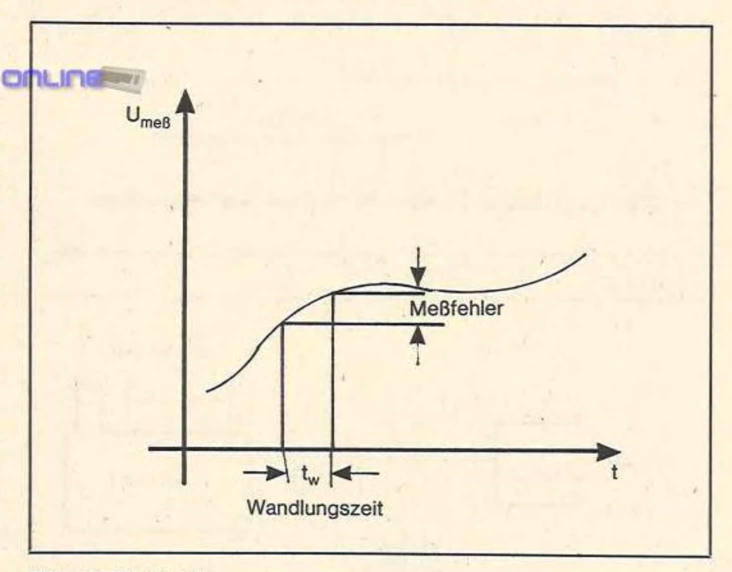


Bild 16. Zeitfehler

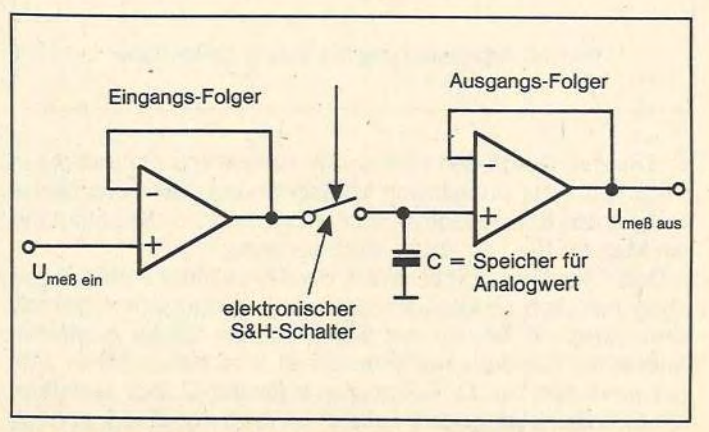


Bild 17. Sample & Hold-Stufe

Wenn man diesen Fehler beheben will, benötigt man einen Sample & Hold-Verstärker, der vor den Umsetzer geschaltet wird. Dieser S & H-Verstärker ermöglicht es, den zu Beginn des Meßzeitpunktes anliegenden Wert praktisch »einzufrieren«. Bild 17 zeigt Schaltbild und Wirkungsweise dieses Verstärkers.

Über einen Eingangsspannungsfolger wird ein Kondensator auf die Höhe der zu messenden Spannung aufgeladen. Die Zeitkonstante, mit der dies geschieht, ist durch die sehr kleinen Leitungswiderstände ebenfalls sehr klein. Beim Beginn des Meßvorgangs wird der elektronische Schalter S geöffnet, und der derzeitige Wert der Meßspannung bleibt am Kondensator bestehen. Am Kondensator ist ein weiterer Spannungsfolger angeschlossen. Durch die sehr hohe Eingangsimpedanz dieses Bauteils ist die Zeitkonstante, mit der der Kondensator entladen wird, sehr hoch. Die Spannung, auf die der Kondensator sich aufgeladen hat, bleibt also über einen größeren Zeitraum nahezu konstant. In dieser Zeit kann der Umsetzungsvorgang durchgeführt werden, ohne daß das sich ändernde Meßsignal irgendeinen Fehler dabei hervorrufen kann. Die Zeit, die der Kondensator in der Sample-Phase bei geschlossenem Schalter benötigt, ist die sogenannte Akquisitionszeit. Durch diese Zeit und die Wandlungszeit wird die maximale Frequenz bestimmt, mit der das Eingangssignal abgetastet werden kann. Die Zeit, in der der Schalter geöffnet ist, wird übrigens als Hold-Phase bezeichnet.

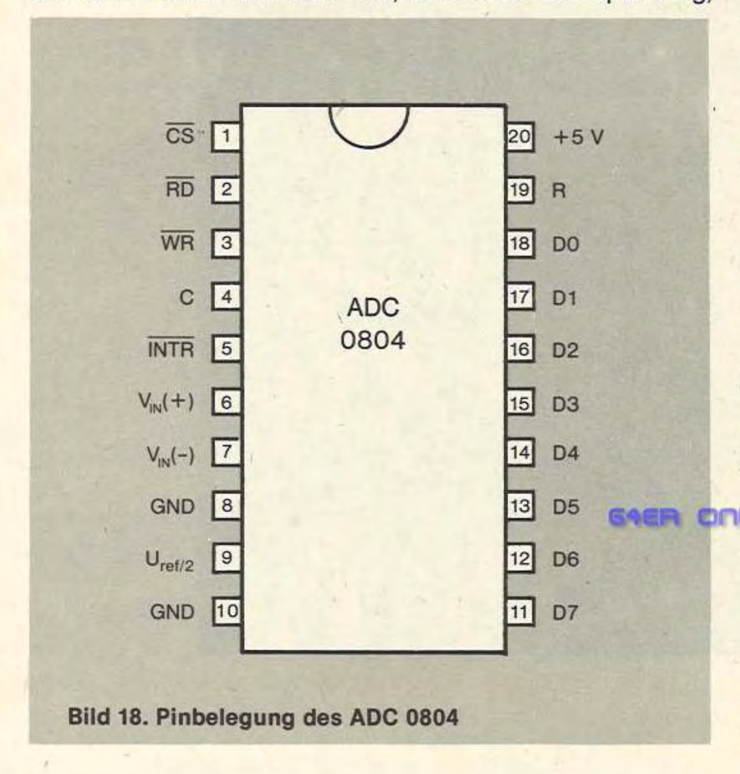


Bild 18. Pinbelegung des ADC 0804

Beim Experimentieren mit den verschiedenen Schaltungen sind Sie vielleicht auf den Geschmack gekommen und möchten vielleicht ein Digital-Voltmeter oder vielleicht sogar ein Oszilloskop aufbauen. Aus diesem Grund soll am Schluß dieses Artikels ein integrierter Analog-Digital-Umsetzer beschrieben werden und zwar der ADC 0804 von National Semiconductor. Die Anschlußfolge für dieses IC sehen Sie in Bild 18.

Dieses IC verfügt über einen Tri-State-gepufferten Datenbus und ist deshalb zum unmittelbaren Einsatz in einem Computersystem sehr gut geeignet.

Als Versorgungsspannung wird eine Spannung von 5 Volt benötigt. Aus diesem Grund ist auch die maximale Eingangsspannung 5 Volt. Für einen Einsatz als Digital-Voltmeter, bei dem höhere Spannungen gemessen werden sollen, muß deshalb ein Eingangsspannungsteiler vor den Eingang gesetzt werden.

Ein kleines Oszilloskop

Der ADC 0804 hat zwei Eingänge. Davon wird normalerweise der Eingang Vin (+) an Pin 6 benutzt. Spannungen die am Eingang Vin (-) anliegen, werden intern durch eine Subtrahierschaltung von der Eingangsspannung am Pin 6 abgezogen. Der Eingang Vin (-) dient im wesentlichen zur Justage des ADUs. Wenn dieser Eingang nicht benötigt wird, dann legen Sie ihn bitte auf Masse.

Das IC hat eine interne Takterzeugung, die über die Eingänge 4 und 19 durch eine RC-Beschaltung eingestellt wird. Eine mögliche Beschaltung ist ein Widerstand von 10 Kiloohm, der zwischen Pin 19 und Pin 4 geschaltet wird. Dazu gehört ein 150-Picofarad-Kondensator von Pin 4 nach Masse. Diese Beschaltung stellt den ADC 0804 auf eine Umsetzungszeit von etwa 100 Mikrosekunden ein.

Am Eingang 9 benötigt das IC eine Referenzspannung Uref/2. Bei einer maximalen Eingangsspannung von 5 Volt muß diese Referenzspannung also 2,5 Volt betragen. Durch Variieren der Referenzspannung kann auch die maximal zu messende Spannung eingestellt werden und zwar in einem Bereich, der unter 5 Volt liegen muß. Die Referenzspannung wird für den internen D-A-Wandler benötigt, der nach dem Prinzip des Wägecodierers arbeitet.

Über den Eingang CS wird der Baustein vom Computersystem adressiert. Liegt an CS eine »0« an, so wird der ADC bei der nächsten »1-0«-Flanke am WR-Eingang zurückgesetzt und startet einen Umsetzungsvorgang, sobald der WR-Eingang wieder auf »1« liegt. Das Ende des Umsetzungsvorgangs wird über den Ausgang INTR an das Computersystem gemeldet. Der Digitalwert kann nun durch Anlegen einer »0« an CS und RD ausgelesen werden.

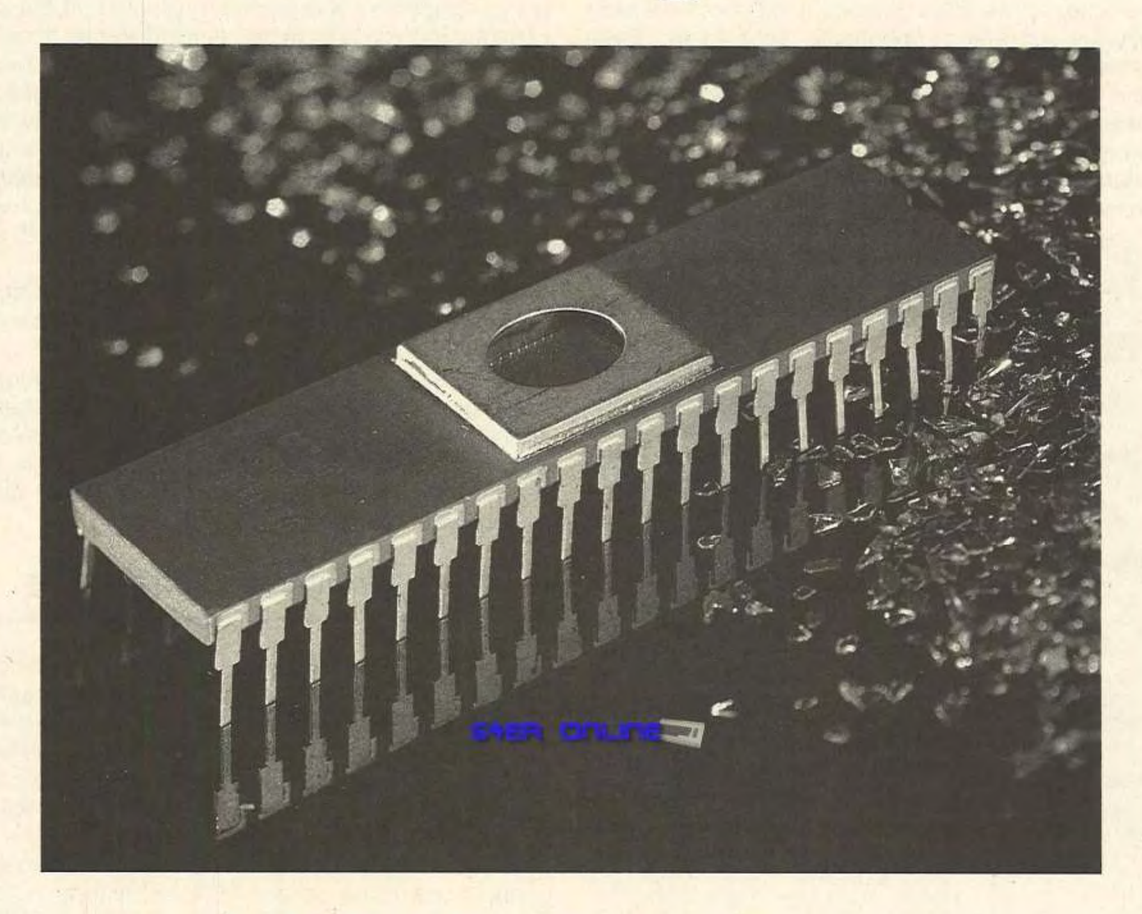
Als besonderes Bonbon finden Sie zum Schluß noch ein Listing (Listing 7), mit dem Sie ein kleines Experimentieroszilloskop realisieren können. Sie benötigen dazu lediglich unseren 4-Bit-Analog-Digital-Wandler. Ansprüche an die Geschwindigkeit und Genauigkeit dürfen Sie natürlich nicht stellen. Die Schaltung dient, wie gesagt, nur zum Aufzeigen des Prinzips und zum Experimentieren. Viel Spaß dabei!

(H. Zwartscholten/ah)

```
10 REM ************************         <151>
20 REM *     OSZILLOSKOP      *         <188>
30 REM ************************         <171>
40 :                                    <016>
50 FOR I=49152 TO 49177:READ D:POKE I,D:S=
   S+D:NEXT                             <069>
60 IF S<>3566 THEN PRINT "FEHLER IN DATAS!
   !":END                               <146>
100 POKE 56579,15                       <063>
110 PRINT"{CLR}"                        <098>
120 FOR I=0 TO 39                       <244>
130 A=0                                 <031>
140 FOR X=3 TO 0 STEP-1                 <234>
145 A=A+2↑X                             <207>
150 A=A+2↑X                             <212>
160 POKE 56577,A                        <198>
170 IF (PEEK(56577)AND 16)=16 THEN A=A-2↑X <099>
180 NEXT X                              <128>
190 SYS 49152,I,20-A,"."                <219>
200 NEXT I                              <028>
210 GOTO 110                            <154>
1000 DATA 32,253,174,32,158,183,138,72,32,
     253,174,32                         <110>
1010 DATA 158,183,104,168,24,32,240,255,32
     ,253,174,76                        <098>
1020 DATA 164,170                       <188>
```

Listing 7. Experimentieroszilloskop mit dem selbstgebauten 4-Bit-A/D-Wandler

Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch



Sie wollen ein intelligentes Interface problemlos an den seriellen Bus des C64 anschließen? Dann verwenden Sie doch den 8748, ein Ein-Chip-Mikrocomputer, der für wenig Geld zu haben ist. Er enthält alles, was zu einem Computer gehört. Wir zeigen Ihnen, wie man ihn programmiert, anschließt, und was sonst noch zu beachten ist.

Durch den massiven Preisverfall bei Single-Chip-Mikrocomputern wird deren Einsatz zur Herstellung von »intelligenten« Steuerungen und Interface-Schaltungen immer interessanter. Bei minimalem Hardware-Aufwand wird es möglich, Schaltungen zu realisieren, die alle Vorteile eines Mikrocomputersystems in sich beinhalten. Möchte man so weit wie möglich auf eine äußere Beschaltung solcher Bausteine verzichten, wählt man eine P-Version mit internem Programmspeicher. Neben zusätzlicher Verdrahtungsarbeit spart man Platz, und wie am verwendeten 8748 kann außerdem der freigewordene Bus ohne weiteren Aufwand als zusätzliches Ein/Ausgabe-Port verwendet werden.

Der Einsatz solcher Mikrocomputer-Bausteine beim Hobby-Elektroniker wird meist durch das Fehlen eines entsprechenden Entwicklungssystems verhindert. In der Regel werden solche Systeme nur im industriellen Umfeld angeboten und sind entsprechend teuer. MCDS 48 verwandelt nun Ihren C64 in ein komplettes Entwicklungssystem für den Single-Chip-Mikro 8748 von Intel und besteht aus:

- 8748 Cross-Assembler
- 8748 EPROM-Programmer mit Treibersoftware

Anhand eines Beispiels wird dem C64-Benutzer gezeigt, wie einfach sich mit Hilfe eines solchen Mikros ein Centronics-Parallel-Interface für den seriellen IEC-Bus realisieren läßt. Das ganze Interface besteht nämlich nur aus drei ICs. Das teuerste Bauelement an der ganzen Hardware ist der 8748 (zu beziehen bei: Frank Elektronik GmbH, Nürnberg, 8748HD 17,80 Mark, aus Markt&Technik, vom 6. Dez. 1985).

Das Entwicklungssystem MCDS 48

Die Interface-Software wurde so aufgebaut, daß ein Eingriff zum weiteren Ausbau relativ leicht erfolgen kann. Im weiteren beinhaltet die Interface-Software eine programmierbare ASCII-Codetabelle, mit welcher der C64-Code an die Centronics-Schnittstelle angepaßt werden kann.

Die MCS-48-Familie der Firma Intel besteht aus dem 8748 (Bild 1) mit internem EPROM von 1 KByte, dem 8048 mit internem Master-ROM von 1 KByte und dem 8035, der mit externem Speicher zu betreiben ist. Diese drei Bausteine sind zueinander pinkompatibel.

Der 12-Bit-Adreßbus wird unterteilt in die unteren 8 Bit, die über den 8 Bit breiten Datenbus im Multiplexbetrieb und die oberen 4 Bit, die am Port 2 ausgegeben werden.

Zur Unterscheidung von Daten- und Adreßinformation am

Datenbus stehen die beiden Signale ALE und PSEN zur Verfügung. Damit sind diese Ein-Chip-Mikroprozessoren kompatibel zu den Bausteinen der 8080/8085-Familie.

Neben dem 8-Bit-Datenbus, der auch als bidirektionaler Port benutzt werden kann, stehen zwei weitere 8 Bit breite Ports zur Verfügung, die bit- oder byteweise auf Ein- oder Ausgabe programmiert werden können. Mit T0/T1 werden dem Benutzer zwei besondere Leitungen angeboten, auf deren Pegel bedingte Sprünge programmiert werden können. Daneben kann T0 als Clockausgang und T1 als Eingang für den Ereigniszähler eingesetzt werden.

Der interne 64-Bit-RAM-Speicher kann aufgeteilt werden in zwei Registerbänke von je 8 Registern, die direkt adressiert werden können: in den Stackbereich und den Datenspeicher.

Innerhalb des Programmspeichers sind drei Adressen von besonderer Bedeutung:

Speicheradresse 0: Erste auszuführende Instruktion nach Reset.

Speicheradresse 3: Falls der Interrupteingang aktiv ist und der Interrupt freigegeben wurde, verzweigt das Programm nach Adresse 3.

Speicherbereich 7: Falls ein Timer/Counter-Interrupt aktiv ist, verzweigt das Programm nach Adresse 7.

Zum Programmieren benötigt man einen Cross-Assembler

Mit dem MCDS-48-Cross-Assembler (Listing 1) wird aus dem Sourcefile ein auf dem 8748 ablauffähiger Hexcode erzeugt. Dieser Code kann als Hexfile gespeichert und anschließend mit dem Prom-Programmer in den 8748 gebrannt werden (Bild 2).

Die Sourcefiles werden mit dem normalen C64-Basic zeilenorientiert erstellt, editiert und auf der Diskette gespeichert. Pro Zeile kann maximal eine 8748-Instruktion stehen.

Im weiteren sind folgende Regeln zu beachten (Bild 3):

- Alles, was rechts eines »;« steht, wird als Text interpretiert.
- Zeichenfolgen links eines »:« werden als Label verstanden.
- Der Befehlssatz umfaßt alle gültigen 8748-Instruktionen. (Die Syntax ist mit der von Intel verwendeten identisch und ist ausführlich beschrieben in: Intel MCS-48 User's Manual.)
- Um Speicherbereiche schon während der Programmerstellung mit Konstanten zu belegen, wurden die Befehle DB: Define Byte (speichern einer 8-Bit-Konstanten) und DW: Define Word (speichern einer 16-Bit-Konstanten) eingeführt.

So wird assembliert

Nach dem Erstellen und Speichern des Sourcefiles wird der Assembler »MCDS 48« in den C64 geladen und anschließend die Diskette mit dem Sourceprogramm in die 1541 gelegt. Der Assembler kann nun mit RUN gestartet werden. Das Programm fragt mit »FILENAME« nach dem Namen des Sourcefiles, anschließend erscheint auf dem Monitor »LISTFILE«. Antworten Sie mit einem »Y«, wird nach dem Ende der Assemblierung das Listing des übersetzten Sourcefiles auf dem Drucker ausgegeben. Läuft die Assemblierung fehlerfrei ab, fragt der Assembler am Schluß nach dem Namen des Hexfiles, unter dem der übersetzte Code auf Diskette gespeichert werden soll. Dieses File kann später von der »Programmer-Software« aufgerufen und in den Programmspeicher des 8748 gebrannt werden.

Sollten vom Assembler während der Übersetzung Fehler im Quelltext erkannt werden, wird auf das Speichern des Hexcodes verzichtet.

Fehlermeldungen des Assemblers

Während der Assemblierung erscheint die jeweils aktuelle Zeile auf dem Bildschirm. Erkennt das Programm einen Fehler, wird dies mit einer Fehlermeldung im Klartext angezeigt. Fehlermeldungen im Listing erscheinen unmittelbar nach der fehlerhaften Zeile (Bild 4). Folgende Fehlermeldungen sind implementiert:

ILLEGAL INSTRUCTION: Der Mnemonic entspricht keiner 8748-Befehlsanweisung.

ILLEGAL ARGUMENT: In der Befehlsanweisung wurde ein unerlaubter Parameter eingesetzt.

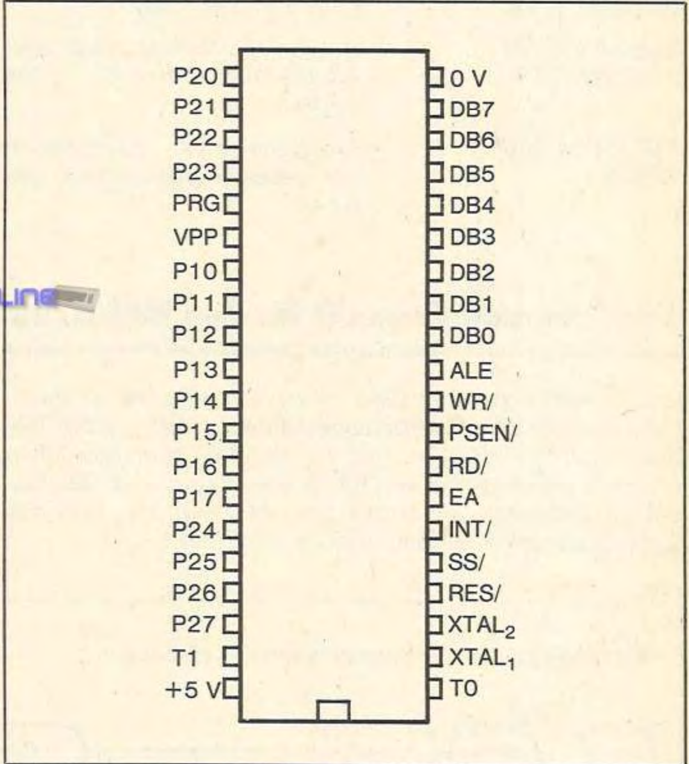


Bild 1. Die Anschlüsse des 8748

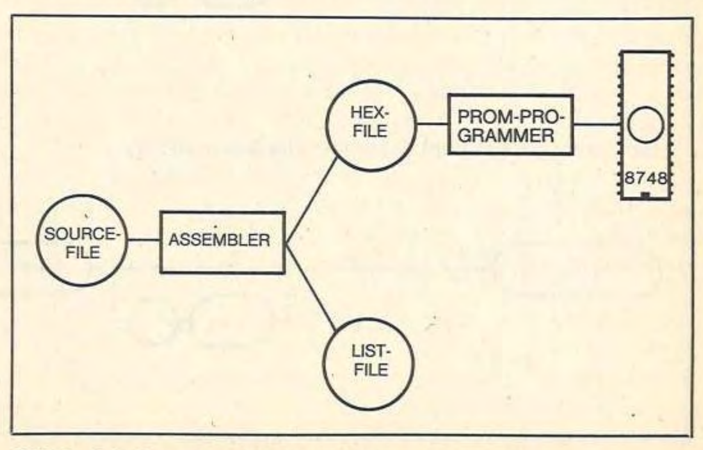


Bild 2. Arbeitsweise des Entwicklungssystems

BAD CONSTANT TYPE:	Fehler in der Darstellung einer Konstanten. Zulässige Konstantentypen: - Zahlen, die mit einer Ziffer oder einem »D« enden, werden als Dezimalzahlen interpretiert. - Zahlen, die mit einem »H« enden, werden als Hexadezimalzahlen interpretiert. Hexadezimalzahlen beginnen mit einer Ziffer.
BYTE CONSTANT EXPECTED:	Konstante als Funktionsparameter fehlt oder Konstante ist größer 255.
UNDECLARED LABEL:	Symbolischer Name als Parameter nach Verzweigungsbefehl wird nirgends als Label geführt.
MULTIPLE LABEL DECLARATION:	Gleicher Labelname wird mehrfach verwendet.
ILLEGAL JUMP TO NEXT PAGE:	Unerlaubte Verzweigung über Page-Länge hinaus.
ILLEGAL JUMP DESTINATION:	Unerlaubte Verzweigung über Adressierungsbereich des 8748 hinaus.
OUT OF MEMORY SPACE:	Programmlänge überschreitet den Adressierungsbereich des 8748.

Das Programmiergerät für den MCS 8748

Der Prom-Programmer (Bild 5) besteht aus der Brenner-Hardware, die am User-Port angeschlossen wird und der Treibersoftware »PP8748«, mit der der mit dem Assembler erzeugte Hexcode auf den 8748 übertragen wird. Das Layout im Verhältnis 1:1 finden Sie auf Seite 151 und den Bestückungsplan mit Bauteileliste zeigt Bild 6.

Die Hardware

Um mit den wenigen Leitungen des User-Ports auszukommen, werden die nötigen Daten, Adressen und Steuercodes sequentiell der Brenner-Hardware übermittelt und über eine Interface-Logik im programmierbaren I/O-Baustein 8255 zwischengespeichert. Auf diesem IC stehen drei 8-Bit-Ports A, B und C zur parallelen Datenein/-ausgabe zur Verfügung. Port A wird als Eingangskanal zum Lesen der 8748-Daten benutzt, über Port B werden Daten und Adressen im Multiplexbetrieb an den 8748 übermittelt und Port C dient zur Ausgabe der höherwertigen Adressen, der Signale ALE und PSEN und der Signale PROG, PROGFLOAT und PROG23 zur Steuerung der Programmier/Verify-Sequenz.

Zur Aufnahme des 8748 während des Programmiervorgangs wird ein 40poliger IC-Sockel eingesetzt.

Die Software

Nach dem Starten von »PP8748« (Listing 2) mit RUN wird der Name des Hexfiles verlangt. Vor dem Abschluß der Eingabe sollten Sie sich vergewissern, ob die richtige Diskette im Laufwerk liegt. Der C 64 lädt das File von der Diskette und fragt den Benutzer, ob der Hexcode in den 8748-Programmspeicher gebrannt (PROGRAM) oder ob er mit dem Programmspeicher des 8748 verglichen werden soll (VERIFY). Bei der Programmierung des 8748 wird automatisch ein »VERIFY« durchgeführt und auf dem Bildschirm angezeigt.

Anwendungsbeispiel: Centronics-Interface für den C64-IEC-Bus

Die Hardware

Die ganze Schaltung des Centronics-Interfaces (Bild 7) besteht im wesentlichen aus drei ICs (8748/74LS14/LM339), einem 4fach DIP-Schalter zur Einstellung der Gerätenummer, acht Widerständen, einem Schwingquarz, einer Sicherung und Blockkondensatoren. Die typische Stromaufnahme dieser Schaltung liegt bei etwa 70 mA, die maximale Stromaufnahme bei 140 mA. Da der von mir verwendete Drucker (Brother HR-15) diesen Strom problemlos über den 5-Volt-Ausgang des Centronics-Anschlusses (Pin 18) liefern kann, konnte auf eine zusätzliche Stromversorgung verzichtet werden.

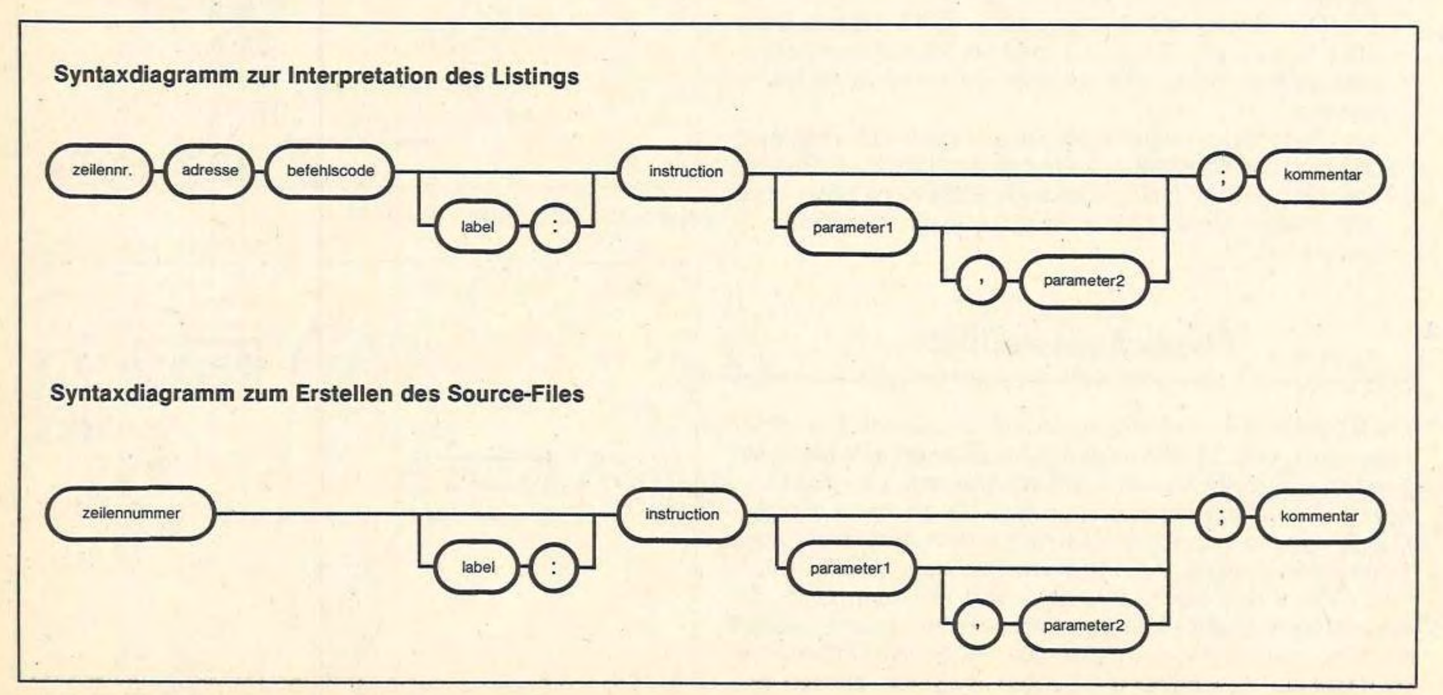


Bild 3. Syntax-Diagramme zum Cross-Assembler

Die Gerätenummer auf dem DIP-Schalter ist in hexadezimaler Form einzustellen. Alle Schalter offen entspricht der Gerätenummer 0, alle Schalter geschlossen der Gerätenummer 15. Soll die Gerätenummer öfters gewechselt werden, ist ein Miniaturdrehschalter mit 4-Bit-Ausgang und Drehposition von 0 bis 15 zu empfehlen, der die Einstellarbeit wesentlich erleichtert.

Die Interface-Schaltung wurde auf einer Veroboard-Platine aufgebaut und fand in einem Kunststoffgehäuse von der Größe 110 x 60 x 20 mm Platz. Ein entsprechendes Layout im Verhältnis 1:1 finden Sie auf Seite 151 und einen entsprechenden Bestückungsplan mit Bauteileliste zeigt Bild 8.

Die Software

Die Interface-Software (Listing 3) wird modular durch folgende Routinen gebildet:
- MAIN; COMIN; RECEIVE; TRANSMT

MAIN

Dieses Programm bildet die Hauptschleife, aus der die einzelnen Unterprogramme, abhängig von den Signalen des IEC-Bus, aufgerufen werden.

Im ersten Programmabschnitt findet die Initialisierung der Prozessor-Ports statt. Das Interface verweilt im passiven Zustand, bis durch ein ATN-Signal auf der IEC-Seite ein Busbefehl signalisiert wird. Um diesen Befehl zu decodieren, wird das Unterprogramm COMIN aufgerufen. Beim Empfang eines LISTEN, mit Übereinstimmung der auf dem Interface eingestellten Gerätenummer, wird der Empfänger aktiviert und in die Hauptschleife MAIN zurückgekehrt. Der anschließende serielle Datenstrom des IEC-Bus gelangt über die Routine TRANSMT, in der über eine ASCII-Tabelle eine Codeanpassung stattfindet, an den parallelen Centronics-Bus.

Ein erneutes ATN-Signal, das wieder den Aufruf der Routine COMIN zur Folge hat, sowie der anschließende Empfang eines UNLISTEN, versetzen das Interface wieder in den passiven Zustand.

COMIN

Die Routine COMIN (Command-Interpreter) wird von der Hauptschleife MAIN bei aktiver ATN-Signalleitung des IEC-Bus aufgerufen und dient, wie ihr Name sagt, zur Decodierung von IEC-Busbefehlen. Um den seriellen Datenstrom des IEC-Bus zu empfangen, bedient sich COMIN der Routine RECEIVE.

Im Ausgangszustand verweilt das Interface im passiven Zustand. Erkennt die Routine COMIN einen LISTEN-Befehl, wird die empfangene Gerätenummer mit der auf dem Interface eingestellten verglichen. Bei Übereinstimmung folgt die Aktivierung des Empfängers. Erkennt die Routine COMIN ein UNLISTEN, und war der Empfänger aktiv, setzt das Programm das Interface wieder in den passiven Zustand.

RECEIVE

Die Subroutine RECEIVE wandelt den ankommenden, seriellen Bit-Code des IEC-Bus in Byte-Größen um; entsprechend dem Inhalt, der im C 64 vorhanden war. Die empfangene, serielle Information wird im Akkumulator zusammengesetzt und anschließend im Register R4 gespeichert.

TRANSMT

Wurde das Interface durch COMIN aktiviert, gelangt der nachfolgende serielle Datenstrom des IEC-Bus an die Routine TRANSMT. Der serielle Datencode wird zu Byte-Größen zusammengefaßt. Die so erhaltenen Daten dienen zur Adressierung der ASCII-Tabelle, in die der entsprechende Centronics-Code abgelegt wurde.

Der 8748-Ein-Chip-Mikrocomputer läßt sich aber nicht nur in Interfaces einbauen, vielmehr eignet er sich für alles, was gesteuert werden soll, von der Waschmaschine über den Kühlschrank bis hin zur Autoelektronik. (W. Büchel/ah)

```
150                          ORG    020H
152                                         ;
154  0020 264E COMIN         :JNTO  LABEL60  ;JUMP IF TO=0
162  0022 2620               JNTO   COMIN    ;REALLY TO=1
164                          CALL   RECEIVE  ;
(164)           ERROR 111         UNDECLARED LABEL
166  0024 0A                 IN     A,P2     ;READ SWITCH
170  0025 37                 CPL    A
174  0026 530F               ANL    A,#OFH   ;
178  0028 AE                 MOV    R6,A     ;STORE SWITCH
180                          XXX    A,#20H   ;
(180)           ERROR 102         ILLEGAL INSTRUCTION NAME
182  0029 37                 CPL    A        ;
186  002A 17                 INC    A
188                          ADD    B,R4     ;
(188)           ERROR 101         ILLEGAL ARGUMENT
190  002B 9645               JNZ    LABEL58
194  002D A5                 CLR    F1       ;
198  002E B5                 CPL    F1       ;LISTEN = TRUE
200                                          ;
201  002F 463B LABEL51       :JNT1  LABEL53  ;CLOCK=HIGH ?
202  0031 4631               JNT1   LABEL51  ;
203  0033 3631 LABEL52       :JTO   LABEL51  ;JUMP IF ATN=LOW
204  0035 3635               JTO    LABEL52  ;REALLY ATN=HIGH
205  0037 0443               JMP    LABEL55
206  0039 5631 LABEL53       :JT1   LABEL51  ;
207                          CALL   RECEIVE  ;READ CHANNEL#
(207)           ERROR 111         UNDECLARED LABEL
208  003B 363F LABEL54       :JTO   LABEL54  ;JUMP IF ATN=LOW
209  003D 363F               JTO    LABEL54  ;REALLY ATN=HIGH
210  003F 044E LABEL55       :JUMP  LABEL60
211                                          ;
214  0041 FC    LABEL58      :MOV   A,R4     ;
216  0042 03C1               ADD    A,#0C1H  ;ACCU = CODE-3FH
218  0044 9645               JNZ    LABEL58  ;
220                          CLR    F3       ;LISTEN = FALSE
(220)           ERROR 101         ILLEGAL ARGUMENT
224  0046 8901 LABEL58       :ORL   P1,#01   ;
(224)                ERROR 112         MULTIPLE LABEL DECLARATION
226  0048 364A LABEL59       :JTO   LABEL59  ;JUMP IF ATN=LOW
228  004A 364A               JTO    LABEL59  ;REALLY ATN=HIGH
230  004C 83    LABEL60      :RET            ;RETURN
258                                          ;
260                                          ;

   ASSEMBLY COMPLETE, 5 ERRORS
```


Bild 4. Listing-Auszug mit Fehlermeldungen, die das Programm zur Verfügung stellt

Mnemonic	Beschreibung	Masch.code
Akkumulator-Befehle		
ADD A,R	Add register to A	0110 1rrr
ADD A,@R	Add data memory to A	0110 000r
ADD A,#data	Add immediate to A	0000 0011
ADDC A,R	Add register with carry	0111 1rrr
ADDC A,@R	Add data memory with carry	0111 000r
ADDC A,#data	Add immediate with carry	0001 0011
ANL A,R	And register to A	0101 1rrr
ANL A,@R	And data memory to A	0101 000r
ANL A,#data	And immediate to A	0101 0011
ORL A,R	Or register to A	0100 1rrr
ORL A,@R	Or data memory to A	0100 000r
ORL A,#data	Or immediate to A	0100 0011
XRL A,R	Exclusive or register to A	1101 1rrr
XRL A,@R	Exclusive or data memory to A	1101 000r
RL A,#data	Exclusive or immediate to A	1101 0011
INC A	Increment A	0001 0111
DEC A	Decrement A	0000 0111
CLR A	Clear A	0010 0111
CPL A	Complement A	0011 0111
DA A	Decimal adjust A	0101 0111
SWAP A	Swap nibbles of A	0100 0111
RL A	Rotate A left	1110 0111
RLC A	Rotate A left through carry	1111 0111
RR A	Rotate A right	0111 0111
RRC A	Rotate A right through carry	0110 0111
Ein/Ausgabe-Befehle		
IN A,P	Input port to A	0000 10pp
OUTL P,A	Output A to port	0011 10pp
ANL P,#data	And immediate to port	1001 10pp
ORL P,#data	Or immediate to port	1000 10pp
INS A,BUS	Input Bus to A	0000 1000
OUTL BUS,A	Output A to BUS	0000 0010
ANL BUS,#data	And immediate to BUS	1001 1000
ORL BUS,#data	Or immediate to BUS	1000 1000
MOVD A,P	Input expander port to A	0000 11pp
MOVD P,A	Output A to expander port	0011 11pp
ANLD P,A	And A to expander port	1001 11pp
ORLD P,A	Or A to expander port	1000 11pp
Register-Befehle		
INC R	Increment register	0001 1rrr
INC @R	Increment data memory	0001 000r
DEC R	Decrement register	1100 1rrr
Sprung-Befehle		
JMP addr	Jump unconditional	aaa0 0100
JMPP @A	Jump indirect	1011 0011
DJNZ R,addr	Decrement register and skip	1110 1rrr
JC addr	Jump on carry = 1	1111 0110
JNC addr	Jump on carry = 0	1110 0110
JZ addr	Jump on A zero	1100 0110
JNZ addr	Jump on A not zero	1001 0110
JTO addr	Jump on TO = 1	0011 0110
JNTO addr	Jump on TO = 0	0010 0110
JT1 addr	Jump on T1 = 1	0101 0110
JNT1 addr	Jump on T1 = 0	0100 0110
JF0 addr	Jump on F0 = 1	1011 0110
JF1 addr	Jump on F1 = 1	0111 0110
JTF addr	Jump on timer flag	0001 0110
JNI addr	Jump on INT/ = 0	1000 0110
JBb addr	Jump on accumulator bit	bbb1 0010
Unterprogrammbehandlung		
CALL addr	Jump to subroutine	aaa1 0100
RET	Return	1000 0011
RETR	Return and restore status	1001 0011
Flag-Manipulation		
CLR C	Clear carry	1001 0111
CPL C	Complement carry	1010 0111
CLR F0	Clear flag 0	1000 0101
CPL F0	Complement flag 0	1001 0101
CLR F1	Clear flag 1	1010 0101
CPL F1	Complement flag 1	1011 0101
Datenverschiebungs-Befehle		
MOV A,R	Move register to A	1111 1rrr
MOV A,@R	Move data memory to A	1111 000r
MOV A,#data	Move immediate to A	0010 0011
MOV R,A	Move A to register	1010 1rrr
MOV @R,A	Move A to data memory	1010 000r
MOV R,#data	Move immediate to register	1011 1rrr
MOV @R,#data	Move immediate to data memory	1011 000r
MOV A,PSW	Move PSW to A	1100 0111
MOV PSW,A	Move A to PSW	1101 0111
XCH A,R	Exchange A and register	0010 1rrr
XCH A,@R	Exchange A and data memory	0010 000r
XCHD A,@R	Exchange nibble of A and register	0011 000r
MOVX A,@R	Move external data memory to A	1000 000r
MOVX @R,A	Move A to external data memory	1001 000r
MOVP A,@A	Move to A from current page	1010 0011
MOVP3 A,@A	Move to A from page 3	1110 0011
Timer/Counter-Befehle		
MOV A,T	Read timer/counter	0100 0010
MOV T,A	Load timer/counter	0110 0010
STRT T	Start timer	0101 0101
STRT CNT	Start counter	0100 0101
STOP TCNT	Stop timer/counter	0110 0101
EN TCNTI	Enable timer/counter interrupt	0010 0101
DIS TCNTI	Disable timer/counter interrupt	0011 0101

Tabelle 1. Der Befehlssatz des 8748

Control-Befehle

EN I	Enable external interrupt	0000 0101
DIS I	Disable external interrupt	0001 0101
SEL RB0	Select register bank 0	1100 0101
SEL RB1	Select register bank 1	1101 0101
SEL MB0	Select memory bank 0	1110 0101
SEL MB1	Select memory bank 1	1111 0101
ENTO CLK	Enable clock output on TO	0111 0101
NOP	No operation	0000 0000

Symbolerklärungen:

A	Akkumulator
aaa	Adress-Bit A10,A9,A8
addr	Programmspeicheradresse
C	Übertrag-Bit
data	Konstante (8 Bit)
F0,F1	Flag 0, Flag 1
P	Ein-/Ausgabeport
R	Register
rrr	Adressierung Register 0 bis Register 7
T	Zeitgeber/Ereigniszähler
#	Unmittelbare Daten
@	Indirekte Adressierung

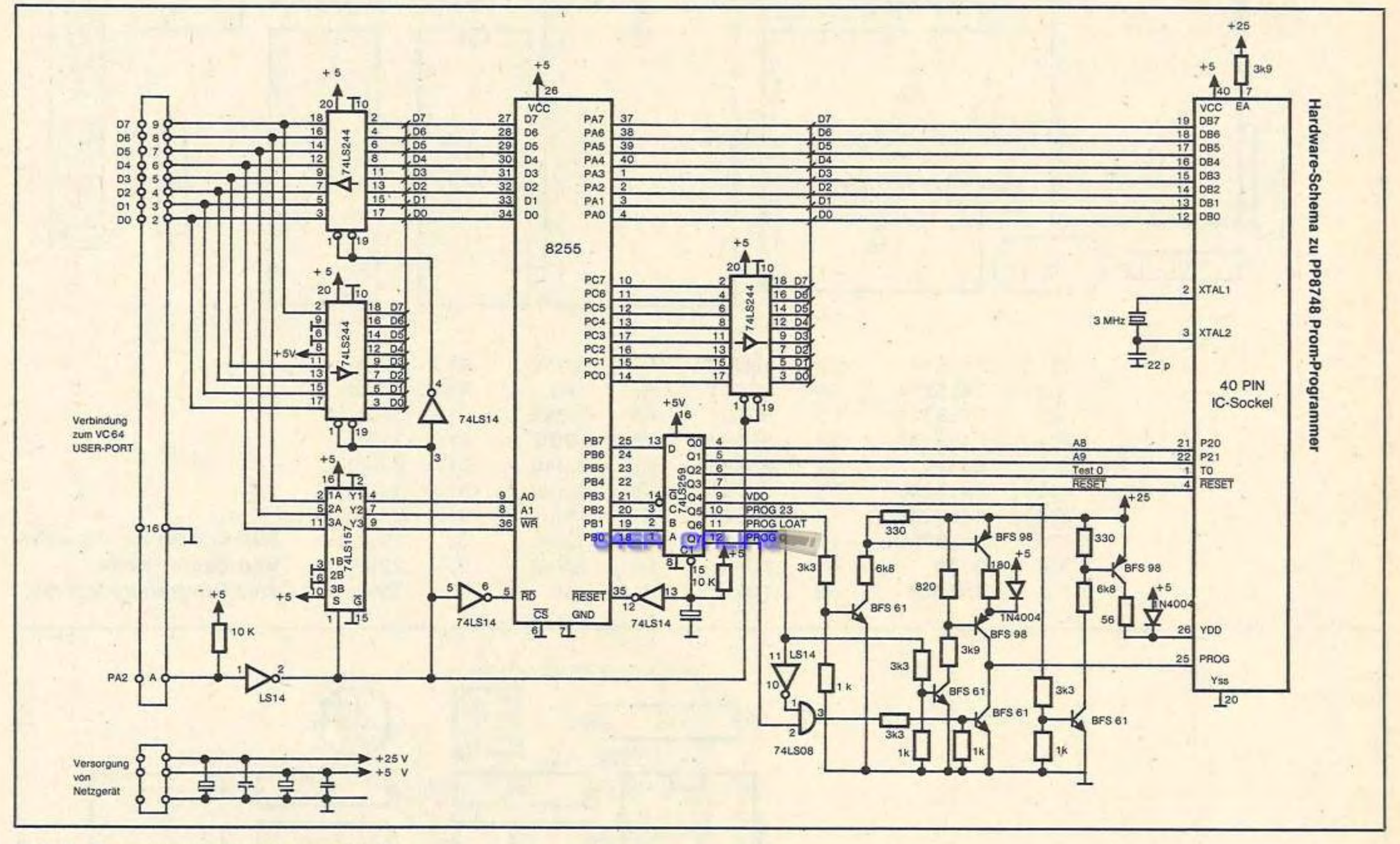


Bild 5. Programmiergerät zum 8748









IC1	74LS14	D2	1N4004	R3	3,3 kΩ	R13	180 Ω
IC2	74LS244	T1	BFS61	R4	1 kΩ	R14	3,3 kΩ
IC3	74LS244	T2	BFS61	R5	6,8 kΩ	R15	1 kΩ
IC4	74LS157	T3	BFS98	R6	330 Ω	R16	330 Ω
IC5	8255	T4	BFS98	R7	3,3 kΩ	R17	6,8 kΩ
IC6	74LS259	T5	BFS61	R8	3,3 kΩ	R18	56 Ω
IC7	74LS244	T6	BFS61	R9	1 kΩ	R19	3,9 kΩ
IC8	74LS08	T7	BFS98	R10	820 Ω	C1	10 µF
IC9	8748	R1	10 kΩ	R11	3,9 kΩ	C2	22 pF
D1	1N4004	R2	10 kΩ	R12	1 kΩ	QZ	3 MHz

Bild 6. Bestückungsplan und Bauteileliste zum Programmiergerät

IC1	8748
IC2	74LS14
IC3	LM339
R1	10 kΩ
R2	10 kΩ
R3	10 kΩ
R4	10 kΩ
R5	27 kΩ
R6	27 kΩ
R7	10 kΩ
R8	10 kΩ
C1	22 pF
C2	1 µF
C3	22 µF
QZ	4,915 MHz
DIP	Schalter

Bild 8. Bestückungsplan und Bauteileliste zum Interface

Hardware-Schema zu VC64 IEC-Bus-Interface

Bild 7. Schaltplan für das IEC-Hardware-Drucker-Interface

```
Name : asm48                  0801 4664
---------------------------------------
0801 : 1a 08 01 00 9e 32 30 37   0a
0809 : 36 20 4d 43 44 53 2d 34   07
0811 : 38 20 41 53 53 20 20 20   0b
0819 : 00 00 00 4c 41 0b 4c b5   ac
0821 : 0c 66 09 76 09 3b 16 24   7d
0829 : 14 17 14 c0 14 c3 14 32   fa
0831 : 0b 55 0b ee 11 15 12 73   70
0839 : 15 66 15 48 15 48 15 80   b9
0841 : 15 4f 0b a9 15 ff 10 ee   65
0849 : 10 dc 10 cd 10 cd 10 26   81
0851 : 11 cd 10 cd 10 cd 10 cd   52
0859 : 10 cd 10 cd 10 cd 10 cd   59
0861 : 10 1e 11 2d 11 33 11 cd   f5
0869 : 10 c1 10 47 11 c2 11 c2   38
0871 : 11 ba 11 c2 15 f5 15 90   f2
0879 : 15 be 0c ab 12 6a 12 6a   f7
0881 : 12 6a 12 d9 12 bb 12 bb   47
0889 : 12 ea 12 6a 12 ea 12 e2   69
0891 : 12 62 11 62 11 57 11 ab   cc
0899 : 0c 2b 12 2b 12 ee 11 ee   e0
08a1 : 11 ae 0c b1 0c 1a 13 55   cb
08a9 : 13 55 13 25 13 d0 13 25   1f
08b1 : 13 25 13 55 13 55 13 05   f9
08b9 : 13 0e 13 08 13 11 13 d9   53
08c1 : 16 de 16 da 16 46 17 fa   0d
08c9 : 12 7b 17 7b 17 7b 17 7e   75
08d1 : 17 7b 17 7b 17 7b 17 7b   7c
08d9 : 17 7b 17 7b 17 7b 17 78   7e
08e1 : 17 7b 17 7b 17 81 17 27   13
08e9 : 03 00 00 10 e8 64 0a 6a   9d
08f1 : 53 2b 12 7b b8 b8 ba bb   81
08f9 : bf a0 01 2c a0 02 a9 20   cf
0901 : 24 64 10 05 20 72 0c a9   15
0909 : 2d 99 fe 00 84 71 a2 00   21
0911 : 86 62 a5 64 d0 06 a5 65   5d
0919 : f0 46 a2 02 bd e8 08 85   63
0921 : 22 bd ec 08 85 23 a0 ff   52
0929 : 38 c8 a5 65 e5 23 85 65   34
0931 : a5 64 e5 22 85 64 b0 f1   e8
0939 : a5 65 65 23 85 65 a5 64   31
0941 : 65 22 85 64 a5 62 d0 05   60
0949 : 98 f0 0c e6 62 98 09 30   a9
0951 : a4 71 99 ff 00 e6 71 e8   e3
0959 : e0 04 90 c0 a4 71 a5 65   af
0961 : 09 30 4c 04 bf a5 0e 10   97
0969 : 06 20 72 0c 4c be 0c 20   c9
0971 : b4 bf 4c be 0c a5 0e 30   76
0979 : 03 20 1b 10 a5 64 49 ff   f8
0981 : 85 64 a5 65 49 ff 85 65   c4
0989 : 4c be 0c a0 00 b1 6f 18   c7
0991 : 71 64 90 03 4c 58 b6 20   5b
0999 : 75 b4 20 7a b6 a4 51 d0   37
09a1 : 05 a5 50 20 db b6 a0 02   8b
09a9 : b1 50 85 23 88 b1 50 85   aa
09b1 : 22 88 b1 50 20 8c b6 a4   18
09b9 : 70 d0 05 a5 6f 20 db b6   5c
09c1 : 4c ca b4 c0 07 b0 c4 a4   0a
09c9 : 65 d0 03 20 b4 0b a5 6f   74
09d1 : a4 70 20 aa b6 86 6c 84   65
09d9 : 6d a0 02 aa 38 e5 61 f0   86
09e1 : 08 a0 04 90 04 a0 01 a6   e3
09e9 : 61 84 66 a0 ff e8 c8 ca   3a
09f1 : d0 04 a5 66 10 0c b1 6c   fa
09f9 : d1 62 f0 f2 a9 01 b0 02   ff
0a01 : a9 04 25 3c f0 02 a9 ff   43
0a09 : aa 4c 63 0e a5 6e 09 7f   65
0a11 : 25 6a 85 6a a9 69 a0 00   82
0a19 : 20 5b bc 18 aa e8 d0 01   50
0a21 : 38 8a 2a 10 dd c0 0a 90   58
0a29 : 58 c0 0c b0 76 8a 10 2f   55
0a31 : a0 00 84 69 84 6a 84 6b   a4
0a39 : 84 6e a2 90 20 fa 0a a5   fc
0a41 : 6c d0 08 a2 88 a5 6d f0   b9
0a49 : 16 84 6d 30 06 ca 06 6d   ac
0a51 : 2a 10 fa 85 6a a5 6d 85   87
0a59 : 6b 86 69 84 6c 84 6d a5   de
0a61 : 0e 10 03 20 85 10 a4 3c   20
0a69 : c0 07 90 a0 b9 e9 08 85   fb
0a71 : 55 b9 ee 08 85 56 a5 6e   de
0a79 : 45 66 85 6f a5 61 6c 55   02
0a81 : 00 e4 0e d0 12 8a 10 de   04
0a89 : a5 3c c9 07 b0 06 20 13   81
0a91 : 0b 4c 1c 0a 4c c5 0b 8a   3f
0a99 : 10 c5 20 ae 0f a5 0e 10   e0
0aa1 : 8f 30 e5 8a 30 03 20 ce   4c
0aa9 : 0a a5 0e 30 03 20 1b 10   cd
0ab1 : 46 3c b0 0c a5 6c 25 64   de
0ab9 : 85 64 a5 6d 25 65 90 0a   5b
0ac1 : a5 6c 05 64 85 64 a5 6d   57
0ac9 : 05 65 85 65 60 a5 69 30   c8
0ad1 : 06 a9 00 85 6b f0 11 38   50
0ad9 : e9 90 30 03 4c 48 b2 aa   9e
0ae1 : a5 6a 4a 66 6b e8 d0 fa   52
0ae9 : 06 6e 90 02 49 ff 85 6c   0e
0af1 : a5 6b 90 02 49 ff 85 6d   36
0af9 : 60 a5 6c 10 14 85 6e a5   bb
0b01 : 6c 49 ff 85 6c a5 6d 49   ff
```

Listing 1. Assembler »asm 48« zum 8748-Entwicklungssystem

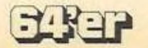
```
0b09 : ff 85 6d e6 6d d0 02 e6   36
0b11 : 6c 60 a2 00 a5 6c c5 64   f4
0b19 : d0 06 a5 6d c5 65 f0 0b   65
0b21 : ca a5 6c 45 64 30 06 b0   c3
0b29 : 02 a2 01 8a 60 b0 fa 90   a7
0b31 : fa 20 60 0b a5 39 85 50   90
0b39 : a5 3a 85 51 a0 06 d0 05   0e
0b41 : 20 96 0b a0 0a b9 84 17   32
0b49 : be 85 17 4c 79 15 20 a5   25
0b51 : 0b 4c 9e 0c a5 50 85 39   11
0b59 : a5 51 85 3a 4c 9e 0c a2   7f
0b61 : 05 bd 84 17 95 2d ca 10   57
0b69 : f8 a6 2e 86 60 85 5f e4   8a
0b71 : 30 d0 04 c5 2f f0 13 a0   cb
0b79 : 01 a9 00 c8 91 5f c0 06   8b
0b81 : d0 f9 98 65 5f 90 e6 e8   08
0b89 : b0 e1 a5 37 a4 38 85 33   03
0b91 : 84 34 20 e7 ff 68 a8 68   eb
0b99 : a2 f8 9a 48 98 48 a9 00   d9
0ba1 : 85 3b 85 11 ad 8c 17 85   ee
0ba9 : 41 ad 8d 17 85 42 60 a4   3c
0bb1 : 65 d0 0e a5 64 20 db b6   db
0bb9 : a6 62 a4 63 a5 61 4c c3   44
0bc1 : b6 a5 61 60 f0 10 4a b0   c8
0bc9 : 45 38 a5 6d e5 65 aa a5   c1
0bd1 : 6c e5 64 4c e1 0b 18 a5   f5
0bd9 : 6d 65 65 aa a5 6c 65 64   c4
0be1 : 85 64 86 65 70 01 60 a2   bc
0be9 : 00 86 62 86 63 86 66 90   bb
0bf1 : 05 c6 66 20 72 0c a9 00   25
0bf9 : 85 0e 85 70 4c db bc a5   d7
0c01 : 62 05 63 d0 f1 a5 64 30   17
0c09 : ed a5 66 30 64 60 a5 64   11
0c11 : 45 6c 85 66 a5 64 10 03   7e
0c19 : 20 72 0c 20 fa 0a a5 64   d9
0c21 : a6 65 c5 6c 90 0a a4 6c   3d
0c29 : 85 6c a5 6d 86 6d aa 98   ab
0c31 : 85 28 86 29 a9 00 85 62   07
0c39 : 85 63 85 64 85 65 85 6a   cc
0c41 : 85 6b a5 28 05 29 f0 b7   b7
0c49 : 46 28 66 29 90 19 18 a5   e0
0c51 : 65 65 6d 85 65 a5 64 65   55
0c59 : 6c 85 64 a5 63 65 6b 85   70
0c61 : 63 a5 62 65 6a 85 62 06   44
0c69 : 6d 26 6c 26 6b 26 6a 90   7c
0c71 : d1 a5 64 49 ff 85 64 a5   60
0c79 : 65 49 ff 85 65 e6 65 d0   f8
0c81 : 02 e6 64 60 a5 39 a6 3a   4f
0c89 : 85 7a 86 7b 85 3d 86 3e   35
0c91 : 4c e1 a7 68 68 a5 7a a6   b0
0c99 : 7b 85 39 86 3a 24 11 50   a0
0ca1 : 18 a5 91 c9 7f d0 12 20   30
0ca9 : b7 ab 38 b0 04 20 44 a6   fa
0cb1 : 18 20 41 a8 68 68 20 68   5a
0cb9 : a8 a0 00 84 3b e6 39 d0   b3
0cc1 : 0b f0 07 18 65 39 85 39   b2
0cc9 : 90 02 e6 3a a0 00 b1 39   9e
0cd1 : 85 3c 30 47 f0 ae c9 0e   31
0cd9 : 90 10 0a aa bd 06 08 85   80
0ce1 : 55 bd 07 08 85 56 c8 6c   df
0ce9 : 55 00 a8 68 aa 30 0e d0   7b
0cf1 : 18 68 85 6e 68 85 69 68   96
0cf9 : 85 6a 68 85 6b 68 85 6c   67
0d01 : 68 85 6d 20 26 0a 4c be   ed
0d09 : 0c 68 85 6f 68 85 70 20   4d
0d11 : c4 09 4c be 0c 20 e0 a9   dd
0d19 : 4c 9e 0c c9 e6 b0 0a 24   55
0d21 : 3c 50 08 a6 0e 86 0c 70   82
0d29 : 27 f0 ea a6 3b f0 1f a5   5b
0d31 : 0e d0 03 20 ae 0f a5 65   31
0d39 : 48 a5 64 48 a6 0e d0 0c   ac
0d41 : a5 63 48 a5 62 48 a5 61   20
0d49 : 48 a5 66 48 8a 48 a0 01   76
0d51 : 84 3b a0 01 a2 00 a5 3c   f4
0d59 : 29 3f c9 20 b0 0a 85 47   98
0d61 : 0a 0a 0a 38 e5 47 b0 3d   d0
0d69 : c9 26 b0 59 c9 24 90 03   a3
0d71 : 4c 6f 0e 29 03 c9 03 90   c9
0d79 : 08 b1 39 e6 39 d0 02 e6   75
0d81 : 3a aa b1 39 e6 39 d0 02   23
0d89 : e6 3a 86 48 85 47 86 60   a4
0d91 : 0a 26 60 0a 26 60 0a 26   e2
0d99 : 60 38 e5 47 85 5f a5 60   22
0da1 : e5 48 aa a5 5f 18 65 2d   b0
0da9 : 85 5f 8a 65 2e 85 60 aa   13
0db1 : a5 5f 69 02 90 01 e8 85   60
0db9 : 47 86 48 85 49 86 4a 20   38
0dc1 : 4c 0f 4c be 0c 24 3c c9   e6
0dc9 : 30 90 0c 29 0f 50 02 09   f7
0dd1 : 10 20 63 0e 4c be 0c 70   58
0dd9 : 33 c9 2a b0 29 c9 27 90   30
0de1 : 06 d0 0e b1 39 aa c8 b1   79
```

```
0de9 : 39 20 63 0e c8 98 4c c4   d9
0df1 : 0c a5 39 69 00 a4 3a 90   7b
0df9 : 01 c8 20 a2 bb 84 0d 84   d8
0e01 : 0e a9 06 4c c4 0c 20 37   8b
0e09 : 0e 4c be 0c c9 28 90 04   97
0e11 : 29 07 10 08 b1 39 e6 39   b6
0e19 : d0 02 e6 3a 85 61 84 0e   7d
0e21 : e6 39 d0 02 e6 3a a5 39   61
0e29 : 85 62 a5 3a 85 63 20 ca   19
0e31 : b4 a5 61 4c c4 0c 86 0d   7b
0e39 : 86 0e d0 07 a9 a8 a0 ae   9b
0e41 : 4c a2 bb c9 2e 90 0a 84   9f
0e49 : 0e d0 03 4c 08 af 4c 48   c9
0e51 : af c9 2c 90 08 d0 03 4c   ae
0e59 : 7b af 4c 08 af a5 90 10   4a
0e61 : 01 ca 86 64 85 65 a9 80   21
0e69 : 85 0e 0a 85 0d 60 f0 09   d2
0e71 : b1 39 aa e6 39 d0 02 e6   36
0e79 : 3a 86 6a b1 39 e6 39 d0   18
0e81 : 02 e6 3a 0a 26 6a 38 65   28
0e89 : 2f 85 69 a5 6a 65 30 85   27
0e91 : 6a 88 b1 69 85 6b 65 2f   80
0e99 : 85 5f c8 b1 69 aa 65 30   18
0ea1 : 85 60 8a 05 6b f0 4a b1   64
0ea9 : 5f 85 46 88 b1 5f 85 45   24
0eb1 : a0 04 b1 5f 85 0b 0a 69   57
0eb9 : 05 65 5f 85 58 a9 00 85   d7
0ec1 : 71 85 72 65 60 85 59 c8   67
0ec9 : 68 30 17 68 85 6e 68 85   95
0ed1 : 69 68 85 6a 68 85 6b 68   4e
0ed9 : 68 20 ce 0a a5 6d 48 a5   78
0ee1 : 6c 48 68 85 6c d1 5f 90   30
0ee9 : 0b d0 06 c8 68 d1 5f 90   ab
0ef1 : 05 4c 45 b2 c8 68 85 6d   85
0ef9 : aa a5 72 05 71 18 f0 0a   63
0f01 : 20 4c b3 8a 65 6d aa 98   23
0f09 : a4 22 65 6c 86 71 85 72   94
0f11 : c6 0b d0 b3 8a a6 72 0a   c3
0f19 : 26 72 24 45 30 10 24 46   cb
0f21 : 30 03 0a 26 72 65 71 a8   84
0f29 : 8a 65 72 85 72 98 65 58   e5
0f31 : a8 a5 72 65 59 aa 98 4c   db
0f39 : b8 0d 8a 20 b0 b7 4c 45   a3
0f41 : 0f 20 f3 bc 24 0e 30 3c   e1
0f49 : 4c d0 bb a0 00 84 0d 84   62
0f51 : 0e c8 24 3c b1 5f 30 13   51
0f59 : 70 07 a5 47 a4 48 [illegible] a2   a2
0f61 : bb a5 0c 10 03 20 85 10   5b
0f69 : 4c d0 bb 88 b1 5f 10 1a   a8
0f71 : a9 80 85 0e 70 0a b1 47   2a
0f79 : 85 64 c8 b1 47 85 65 60   90
0f81 : a5 0c 30 03 20 1b 10 4c   4d
0f89 : ca a9 c6 0d e6 0e 50 08   ab
0f91 : 4c 2c aa d0 fb 4c e0 a9   b1
0f99 : a5 47 85 64 86 65 b1 64   f3
0fa1 : 85 61 c8 b1 64 85 62 c8   cd
0fa9 : b1 64 85 63 60 24 70 10   63
0fb1 : 03 20 1b bc a5 61 d0 04   d3
0fb9 : 85 64 f0 20 10 2b 38 e9   c0
0fc1 : 90 10 26 aa a5 64 05 65   95
0fc9 : d0 1f a5 63 85 28 a5 62   f4
0fd1 : 4a 66 28 b0 14 e8 d0 f8   2c
0fd9 : 85 64 a5 28 85 65 24 66   e0
0fe1 : 10 03 20 72 0c a9 80 85   e4
0fe9 : 0e 60 68 18 69 01 85 55   a4
0ff1 : 68 69 00 85 56 68 85 0e   99
0ff9 : d0 0e 85 70 68 85 66 68   5d
1001 : 85 61 68 85 62 68 85 63   48
1009 : 68 85 64 68 85 65 6c 55   3a
1011 : 00 a5 0c c5 0e f0 d2 a8   a5
1019 : f0 6a a0 00 24 70 10 03   73
1021 : 20 1b bc a5 61 30 06 f0   44
1029 : 8f a9 f0 30 0e 38 e9 90   3a
1031 : 30 09 d0 49 98 10 46 a5   b2
1039 : 62 30 14 aa 06 66 08 90   e3
1041 : 03 20 4d b9 a5 62 28 08   fd
1049 : 6a 66 63 e8 d0 f8 28 85   5d
1051 : 64 a5 63 85 65 a9 80 85   c2
1059 : 0e 60 a5 0e 30 0b 24 66   7b
1061 : 30 1b a0 80 20 1d 10 30   e3
1069 : 04 a5 64 30 10 4c 04 b8   44
1071 : a5 0e 30 03 20 1b 10 a6   f2
1079 : 65 a5 64 f0 42 4c 48 b2   f5
1081 : a5 0e 10 37 a0 00 84 61   f7
1089 : 84 62 84 63 84 66 a5 64   a7
1091 : 10 05 85 66 20 72 0c a2   5d
1099 : 90 a5 64 d0 08 a2 88 a5   32
10a1 : 65 f0 18 84 65 30 06 ca   9a
10a9 : 06 65 2a 10 fa 85 62 a5   9f
10b1 : 65 85 63 86 61 84 64 84   57
10b9 : 65 84 70 a9 00 85 0e 60   d7
10c1 : 20 b0 0b f0 b8 a0 00 b1   0e
```

```
10c9 : 62 4c 28 11 20 81 10 a5   17
10d1 : 3c 18 69 14 0a 20 d5 af   4f
10d9 : 4c be 0c a5 0e 30 04 46   3b
10e1 : 66 10 07 a5 64 10 03 20   d9
10e9 : 72 0c 4c be 0c a5 0e 30   d3
10f1 : f9 24 70 10 03 20 1b bc   32
10f9 : 20 cc bc 4c be 0c a5 0e   37
1101 : 10 15 a2 ff a5 64 30 06   8f
1109 : e8 05 65 f0 01 e8 8a a2   b2
1111 : 00 a8 10 15 ca 30 12 20   c3
1119 : 2b bc 4c 10 11 20 5b 10   57
1121 : a0 00 b1 14 2c a5 ca a2   11
1129 : 00 4c d2 0d 20 b0 0b 4c   f2
1131 : 28 11 a5 0e 10 08 20 fa   c5
1139 : 08 20 6f b4 10 0e 20 44   3e
1141 : 11 10 09 20 68 b4 20 71   30
1149 : 10 20 54 11 a9 01 85 0e   75
1151 : 4c be 0c 20 ef b6 20 71   1c
1159 : 10 20 c6 ff 86 13 4c ba   d2
1161 : 0c 20 e4 ff 46 3c 90 07   4d
1169 : 48 20 cc ff 85 13 68 a6   d4
1171 : 0d 30 1e c9 30 90 04 c9   82
1179 : 3a 90 01 8a 29 0f 85 65   79
1181 : 86 64 24 0e 30 05 20 66   7d
1189 : 0f f0 03 20 ca a9 4c 9e   3e
1191 : 0c aa f0 1a a4 61 88 f0   cb
1199 : 09 20 54 11 20 2c aa 4c   90
11a1 : 9e 0c a5 63 c5 32 90 f1   2f
11a9 : 8a 91 62 4c 9e 0c a5 61   c2
11b1 : f0 ed 86 61 20 ca b4 d0   32
11b9 : e3 20 71 10 86 6a 20 eb   1f
11c1 : 0f 20 71 10 68 85 0e 68   fa
11c9 : 85 50 68 85 51 20 d4 11   cd
11d1 : 4c be 0c a0 00 a5 3c c9   45
11d9 : 35 90 06 d0 08 8a 4c 2f   56
11e1 : b7 8a 4c 03 b7 a5 6a 85   ae
11e9 : 65 8a 4c 4b b7 20 5b 10   1a
11f1 : 20 eb 0f 20 71 10 a4 3c   71
11f9 : c0 4c 90 12 86 49 d0 03   42
1201 : aa f0 06 20 eb 0f 20 71   44
1209 : 10 20 3c b8 d0 03 20 27   43
1211 : b8 4c 9e 0c 20 5b 10 a5   81
1219 : 39 18 69 01 85 7a a5 3a   10
1221 : 69 00 85 7b 20 30 e1 4c   ff
1229 : 96 0c 88 b1 41 10 05 a2   0c
1231 : 0d 4c 37 a4 aa a5 41 69   76
1239 : 01 85 62 85 22 a5 42 69   71
1241 : 00 85 63 85 23 38 8a 65   76
1249 : 41 85 41 90 02 e6 42 86   1d
1251 : 61 46 3c b0 0e a9 61 85   b9
1259 : 64 a5 65 84 65 20 94 0f   41
1261 : 4c 9e 0c 20 3b 0f 4c 9e   9e
1269 : 0c a5 0e 30 1d f0 20 a4   f5
1271 : 65 d0 07 a9 19 85 16 20   8c
1279 : b9 0b a6 61 a0 00 e8 ca   d1
1281 : f0 20 b1 62 20 d2 ff c8   64
1289 : d0 f5 20 fd 08 d0 03 20   6f
1291 : dd bd a2 00 bd 00 01 f0   b7
1299 : 06 20 d2 ff e8 d0 f5 20   91
12a1 : 3b ab a5 3c c9 3d 90 3e   e8
12a9 : d0 2e 38 20 f0 ff 98 38   84
12b1 : e9 0a b0 fc 49 ff 69 01   a7
12b9 : 10 14 20 71 10 46 3c 90   4f
12c1 : 0e 8a 48 20 f0 ff 85 09   62
12c9 : 68 38 e5 09 90 18 aa e8   2e
12d1 : ca f0 13 20 3b ab d0 f8   22
12d9 : 20 d7 aa a5 3c c9 43 90   84
12e1 : 05 20 cc ff 85 13 4c 9e   89
12e9 : 0c 20 71 10 20 c9 ff 86   c1
12f1 : 13 a5 3c c9 44 90 ef b0   09
12f9 : df 20 71 10 8a ea 20 cc   61
1301 : e1 4c 9e 0c a9 40 2c a9   d2
1309 : 80 05 11 d0 07 a9 bf 2c   7f
1311 : a9 7f 25 11 85 11 4c be   75
1319 : 0c a5 39 85 3d a5 3a 85   ec
1321 : 3e 4c 9e 0c 20 f9 ab a5   7a
1329 : 13 f0 06 a5 90 29 03 d0   eb
1331 : 1d ad 00 02 d0 18 a5 13   f0
1339 : d0 0e 24 11 10 42 20 72   b4
1341 : ab 85 39 84 3a 4c b1 0c   73
1349 : a5 90 29 40 f0 d6 86 7a   5d
1351 : 84 7b d0 16 a5 43 85 7a   09
1359 : a9 02 85 7b 20 79 00 d0   44
1361 : 09 a5 13 d0 bf 20 45 ab   85
1369 : d0 ba 20 73 00 24 0d 30   c3
1371 : 38 20 42 0f 20 79 00 f0   dc
1379 : 12 c9 2c f0 0e 20 62 ab   5c
1381 : a5 3d a4 3e 85 39 84 3a   5e
1389 : 4c 9e 0c a4 7a 84 43 a6   e2
1391 : 3c e0 55 b0 11 a6 13 f0   1d
1399 : 07 20 cc ff 85 13 f0 06   a4
13a1 : aa f0 03 20 f4 ac 4c 9e   ab
```

```
13a9 : 0c 85 07 c9 22 f0 07 a9   8c
13b1 : 3a 85 07 a9 2c 18 85 08   4f
13b9 : a5 65 48 a5 7a a4 7b 69   65
13c1 : 00 20 8d b4 a6 71 86 7a   d0
13c9 : 68 20 94 0f 4c 75 13 a5   50
13d1 : 3c 69 88 85 3d a2 05 86   9f
13d9 : 55 a0 af ad 01 02 91 3c   ff
13e1 : a9 40 a0 ac 91 3c ae 02   22
13e9 : 02 a9 01 20 0f 14 0a d0   60
13f1 : 0f 90 0d 2a 20 0f 14 30   fc
13f9 : 07 ca f0 0b c9 00 f0 e9   37
1401 : c6 55 d0 d5 4c ae 0c c5   57
1409 : 65 d0 f5 4c be 0c 91 3c   e8
1411 : 4a 91 3c b1 3c 60 a5 0e   e3
1419 : 85 0c 20 eb 0f 20 12 10   84
1421 : 4c 3a 14 a5 0e 85 0c 30   e2
1429 : 09 a9 bc a0 b9 20 a2 bb   e9
1431 : 30 07 a2 01 86 65 ca 86   79
1439 : 64 20 0f bc 20 eb 0f 20   e7
1441 : 12 10 20 97 14 d0 06 8a   4b
1449 : 18 65 0b aa 9a ba e0 50   d0
1451 : b0 03 4c 35 a4 a5 0c f0   c6
1459 : 0f a5 65 48 a5 64 48 a5   87
1461 : 6d 48 a5 6c 48 4c 85 14   0e
1469 : a5 66 09 7f 25 62 85 62   b4
1471 : a9 7c a0 14 85 22 84 23   c5
1479 : 4c 43 ae 20 fc bb 20 2b   9b
1481 : bc 20 38 ae a5 3a 48 a5   ca
1489 : 39 48 a5 4a 48 a5 49 48   00
1491 : a5 0c 48 4c 9e 0c ba e8   df
1499 : e8 bd 01 01 0a d0 1f a0   a5
14a1 : 09 b0 02 a0 10 84 0b a5   34
14a9 : 4a f0 13 dd 03 01 d0 07   75
14b1 : a5 49 dd 02 01 f0 07 8a   7b
14b9 : 18 65 0b aa d0 db 60 88   1a
14c1 : 84 4a 20 97 14 f0 03 4c   d3
14c9 : 30 ad 9a bd 03 01 85 4a   11
14d1 : bd 02 01 85 49 a0 01 68   ef
14d9 : 48 85 0e 30 27 8a 18 69   67
14e1 : 06 48 69 06 85 24 68 20   82
14e9 : a2 bb ba bd 0b 01 85 66   6b
14f1 : 85 0c a5 49 a4 4a 20 67   fb
14f9 : b8 20 d0 bb a0 01 20 5d   ba
1501 : bc 4c 2d 15 bd 07 01 18   1a
1509 : 71 49 91 49 85 65 bd 06   33
1511 : 01 10 02 a0 ff 84 0c a0   45
1519 : 00 71 49 91 49 85 64 bd   24
1521 : 09 01 85 6d bd 08 01 85   e5
1529 : 6c 20 13 0b 38 ba e5 0c   d5
1531 : f0 0d bd 05 01 85 3a bd   58
1539 : 04 01 85 39 4c 9e 0c 8a   45
1541 : 18 65 0b aa 9a d0 f5 c6   ba
1549 : 3b b1 39 85 6b 20 71 10   f9
1551 : 8a f0 05 0a c5 6b 90 04   d8
1559 : a5 6b d0 62 a8 46 3c b0   43
1561 : 11 a5 6b d0 02 a9 03 65   7e
1569 : 39 48 a5 3a 69 00 48 a9   82
1571 : 8d 48 b1 39 aa c8 b1 39   e0
1579 : 85 39 86 3a 4c cd 0c a9   3a
1581 : ff 85 4a 20 97 14 9a 68   2f
1589 : c9 8d f0 13 4c e0 a8 68   f7
1591 : 85 49 68 85 4a a0 00 68   00
1599 : 91 49 c8 c0 05 d0 f8 68   a5
15a1 : 85 3a 68 85 39 4c cd 0c   53
15a9 : c6 3b a5 0e 30 08 a5 61   d5
15b1 : f0 0a a9 02 d0 08 a5 64   fe
15b9 : 05 65 d0 f6 b1 39 4c c4   23
15c1 : 0c b1 39 65 2d 85 64 c8   c3
15c9 : b1 39 65 2e 85 65 c8 b1   40
15d1 : 39 65 2d 85 6c c8 b1 39   ff
15d9 : 65 2e 85 6d a9 05 65 39   2f
15e1 : 85 6a a5 3a 69 00 85 6b   cf
15e9 : b9 6a 00 91 64 88 10 f8   c6
15f1 : a0 05 d0 c8 c8 b1 39 65   2b
15f9 : 2d 85 47 88 b1 39 65 2e   a3
1601 : 85 48 a5 39 69 03 48 a5   56
1609 : 3a 69 00 48 b1 47 d0 03   a0
1611 : 4c ae b3 85 3a 88 b1 47   8f
1619 : 85 39 a0 02 b1 47 85 49   a1
1621 : c8 b1 47 85 4a c8 b1 49   89
1629 : 48 88 10 fa a5 4a 48 a5   32
1631 : 49 48 a5 0e 20 64 0f 4c   c3
1639 : 9e 0c b1 39 84 0c 85 0b   46
1641 : c8 b1 39 85 45 c8 b1 39   b5
1649 : 85 46 a5 31 85 5f 38 e5   81
1651 : 2f 85 69 a5 32 85 60 e5   ee
1659 : 30 aa 05 69 f0 21 a0 05   f1
1661 : 18 b1 39 65 2f 85 6b 88   2b
1669 : b1 39 65 30 85 6c a0 01   56
1671 : b1 6b 88 11 6b d0 5e a5   1e
1679 : 69 91 6b c8 8a 91 6b 20   c2
1681 : 94 b1 20 08 a4 a0 00 84   4f
1689 : 3b 84 72 a2 05 a5 45 91   ad
1691 : 5f 10 01 ca c8 a5 46 91   88
1699 : 5f 10 02 ca ca 86 71 a5   cc
16a1 : 0b a0 04 91 5f d0 03 20   f8
16a9 : eb 0f 84 22 20 5b 10 a4   e8
16b1 : 22 a6 65 c8 e8 d0 03 18   ea
16b9 : 69 01 91 5f c8 8a 91 5f   d9
16c1 : 20 4c b3 a4 22 86 71 85   b0
16c9 : 72 c6 0b d0 da 20 aa b2   3a
16d1 : a9 06 4c c4 0c 4c 4d b2   e7
16d9 : 88 84 0a a0 01 20 15 17   ce
16e1 : 46 0c aa f0 15 20 5a e2   77
16e9 : c6 0b f0 0e 20 2e 17 86   10
16f1 : ba c6 0b f0 05 20 2e 17   27
16f9 : 86 b9 20 01 17 4c 9e 0c   eb
1701 : a5 3c c9 5e 90 05 d0 09   89
1709 : 4c 59 e1 20 6f e1 4c ae   13
1711 : a7 4c 6f e1 a2 00 86 b7   aa
1719 : 86 b9 86 90 84 0c 84 ba   60
1721 : 84 7b b1 39 85 0b e6 39   b5
1729 : d0 02 e6 3a 60 68 18 69   78
1731 : 01 85 45 68 69 00 85 46   8c
1739 : 46 0c b0 03 20 eb 0f 20   f0
1741 : 71 10 6c 45 00 20 15 17   02
1749 : 20 2e 17 86 b8 c6 0b f0   e7
1751 : 20 20 2e 17 86 ba e0 03   b8
1759 : 90 02 c6 b9 c6 0b f0 11   7e
1761 : 20 2e 17 86 b9 c6 0b f0   0f
1769 : 08 20 eb 0f c6 0d 20 5a   68
1771 : e2 20 c1 e1 4c 9e 0c 4c   92
1779 : 08 af 4c 08 af 4c 08 af   4a
1781 : 4c 08 af 84 45 64 46 64   a7
1789 : 46 90 17 98 17 99 17 b3   f2
1791 : 10 01 da aa 00 00 16 ff   86
1799 : 15 b0 c0 19 17 a1 b1 c0   20
17a1 : a6 63 10 01 4c c1 00 07   fe
17a9 : a6 63 10 01 4c 5a 00 09   cf
17b1 : a6 63 10 01 4c 4f 00 0b   82
17b9 : a7 04 00 10 01 43 44 00   a0
17c1 : 0d b1 c1 b1 c2 b0 c3 b0   6f
17c9 : c4 b0 c5 b0 c6 b0 c7 e7   4e
17d1 : 1e 93 11 11 11 11 11 20   3d
17d9 : 20 20 20 20 20 4d 43 44   17
17e1 : 53 2d 34 38 20 20 41 53   8e
17e9 : 53 45 4d 42 4c 45 52 3e   2f
17f1 : e7 0f 11 11 11 11 11 11   c6
17f9 : 11 11 11 11 11 11 11 11   f9
1801 : 11 3e 50 e7 0b 20 20 20   b5
1809 : 46 49 4c 45 4e 41 4d 45   5e
1811 : 3c 88 53 88 ee 2c 50 52   ad
1819 : 47 2c 52 07 c8 e7 17 13   3a
1821 : 11 11 11 11 11 11 11 11   21
1829 : 11 11 11 11 11 11 11 11   29
1831 : 11 11 11 11 11 11 3e 50   65
1839 : e7 0b 20 20 20 4c 49 53   e2
1841 : 54 46 49 4c 45 3c 89 53   97
1849 : 89 e9 59 02 1f 08 b1 c3   de
1851 : b4 b1 60 02 88 b8 b8 b8   d9
1859 : 60 04 b8 48 89 46 89 47   72
1861 : b0 c4 b0 c5 b0 c6 b0 c7   ec
1869 : 82 ca 1a 38 be 82 8a 05   12
1871 : 1f 05 19 18 61 b1 cb 8c   48
1879 : 8b 11 8d 8b b1 36 e9 3b   4c
1881 : 02 1f 09 8b b1 08 cc 19   87
1889 : 18 8d 8b 14 b1 cb b1 ce   ab
1891 : 8c 8e 11 8d 8e b1 36 e9   7d
1899 : 3a 05 1f 05 19 18 bc 82   09
18a1 : b2 02 1f 09 8e b1 07 cb   67
18a9 : 19 19 33 81 8d 8b 8e b1   1f
18b1 : 08 36 e4 03 8e b1 07 cb   98
18b9 : 19 18 c1 8e 14 19 19 33   f5
18c1 : b1 ce 8b 8e 11 81 a4 03   44
18c9 : b1 34 e9 20 05 1f 05 19   a2
18d1 : 18 e2 81 81 a4 03 81 a4   9d
18d9 : 03 2f b1 08 35 e4 03 8e   85
18e1 : 14 81 a4 03 2f cf b1 ce   15
18e9 : 8f 8e 11 81 a4 03 b1 35   c7
18f1 : e9 20 05 1f 05 19 19 08   9d
18f9 : 81 81 a4 03 81 a4 03 2f   6c
1901 : b1 08 34 e4 03 8e 14 81   58
1909 : 84 e4 05 81 b1 02 1f 05   23
1911 : 19 19 2f b1 d0 81 b1 08   a9
1919 : 90 11 90 a4 03 81 a4 03   bf
1921 : 02 1f 0b bc d1 81 92 e4   4a
1929 : 04 19 3e e4 90 14 81 b1   f9
1931 : 07 c1 1a 37 e8 93 b5 34   f1
1939 : d3 93 ed 4d 4f 56 50 33   4a
1941 : 05 1f 05 19 19 74 8b b5   09
1949 : 07 cb 1a 38 58 94 e9 41   18
1951 : 05 1f 07 b1 d1 19 3e e4   86
1959 : 1a 38 12 94 ea 40 41 05   66
1961 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84   ca
1969 : a6 e3 e4 06 84 b1 07 c4   76
1971 : 19 44 55 1a 37 e8 93 b4   b7
1979 : 34 d3 93 ec 41 44 44 43   e7
1981 : 05 1f 05 19 1a b3 8b b4   51
1989 : 07 cb 1a 38 58 94 e9 41   58
1991 : 05 1f 07 b1 d1 19 3e e4   c6
1999 : 1a 38 12 94 ea 52 30 05   f2
19a1 : 1f 05 19 19 b2 84 a6 78   87
19a9 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44   6b
19b1 : 55 94 ea 52 31 05 1f 05   17
19b9 : 19 19 c8 84 a6 79 e4 06   f7
19c1 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94   aa
19c9 : ea 52 32 05 1f 05 19 19   ba
19d1 : de 84 a6 7a e4 06 84 b1   de
19d9 : 07 c4 19 44 55 94 ea 52   5b
19e1 : 33 05 1f 05 19 19 f4 84   37
19e9 : a6 7b e4 06 84 b1 07 c4   c2
19f1 : 19 44 55 94 ea 52 34 05   30
19f9 : 1f 05 19 1a 0a 84 a6 7c   7d
1a01 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44   c3
1a09 : 55 94 ea 52 35 05 1f 05   af
1a11 : 19 1a 20 84 a6 7d e4 06   c6
1a19 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94   02
1a21 : ea 52 36 05 1f 05 19 1a   15
1a29 : 36 84 a6 7e e4 06 84 b1   0f
1a31 : 07 c4 19 44 55 94 ea 52   b3
1a39 : 37 05 1f 05 19 1a 4c 84   f8
1a41 : a6 7f e4 06 84 b1 07 c4   1c
1a49 : 19 44 55 94 eb 40 52 30   d7
1a51 : 05 1f 05 19 1a 63 84 a6   66
1a59 : 70 e4 06 95 b1 07 d5 19   4c
1a61 : 44 55 94 eb 40 52 31 05   58
1a69 : 1f 05 19 1a 7a 84 a6 71   de
1a71 : e4 06 95 b1 07 d5 19 44   00
1a79 : 55 94 b1 34 e9 23 05 1f   15
1a81 : 05 19 1a ae b0 d1 1a 42   f6
1a89 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e   fe
1a91 : e4 8a a6 ff 01 1f 07 b6   f6
1a99 : d1 19 3e e4 84 f3 e4 06   aa
1aa1 : 84 b1 07 8a e4 06 84 b2   07
1aa9 : 07 c4 19 44 55 b1 d1 19   3e
1ab1 : 3e e4 93 ec 41 4e 4c 44   24
1ab9 : 05 1f 05 19 1b 33 8b b4   95
1ac1 : 07 cb 1a 38 58 94 c9 1a   c1
1ac9 : 38 12 94 e9 41 05 1f 07   33
1ad1 : b1 d1 19 3e e4 89 ea 50   60
1ad9 : 34 05 1f 05 19 1a ec 84   17
1ae1 : a6 a0 e4 06 84 b1 07 c4   4d
1ae9 : 19 44 55 89 ea 50 35 05   bb
1af1 : 1f 05 19 1b 02 84 a6 a1   5f
1af9 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44   bb
1b01 : 55 89 ea 50 36 05 1f 05   f2
1b09 : 19 1b 18 84 a6 a2 e4 06   66
1b11 : 84 b1 07 c4 19 44 55 89   e4
1b19 : ea 50 37 05 1f 05 19 1b   4f
1b21 : 2e 84 a6 a3 e4 06 84 b1   a3
1b29 : 07 c4 19 44 55 b1 d1 19   be
1b31 : 3e e4 93 ec 43 41 4c 4c   6c
1b39 : 05 1f 05 19 1b 97 82 b1   0e
1b41 : 02 1f 09 84 b2 07 c4 19   4e
1b49 : 44 55 8b b4 07 cb 1a 38   59
1b51 : 12 b1 d0 81 90 11 94 90   a5
1b59 : a4 03 02 1f 09 90 a4 05   95
1b61 : d6 19 1b 71 90 14 82 b2   d2
1b69 : 02 1f 07 bb d1 19 3e e4   dd
1b71 : 84 96 a7 01 00 0a 21 a6   6d
1b79 : 20 09 f4 07 e4 06 84 b1   30
1b81 : 07 96 96 a7 01 00 0a 21   e8
1b89 : a7 01 00 09 08 e4 06 84   9b
1b91 : b2 07 c4 19 44 55 93 ec   32
1b99 : 44 4a 4e 5a 05 1f 05 19   71
1ba1 : 1d 50 8b b4 07 cb 82 b1   9c
1ba9 : 02 1f 09 84 b2 07 c4 19   b6
1bb1 : 44 55 1a 38 58 94 c9 1a   b3
1bb9 : 38 12 b1 d0 81 90 11 94   8b
1bc1 : 90 a4 03 02 1f 0d 84 b1   74
1bc9 : 07 90 a4 05 e4 06 19 1b   fb
1bd1 : de 90 14 82 b2 02 1f 07   12
1bd9 : bb d1 19 3e e4 89 ea 52   76
1be1 : 30 05 1f 05 19 1c 0c 84   a8
1be9 : a6 e8 e4 06 84 a7 01 00   87
1bf1 : 0a 21 84 b1 07 a4 06 a7   e0
1bf9 : 01 00 0a 21 05 1f 07 bf   86
1c01 : d1 19 3e e4 84 b2 07 c4   0e
1c09 : 19 44 55 89 ea 52 31 05   db
1c11 : 1f 05 19 1c 3a 84 a6 e9   b3
1c19 : e4 06 84 a7 01 00 0a 21   91
1c21 : 84 b1 07 a4 06 a7 01 00   76
1c29 : 0a 21 05 1f 07 bf d1 19   d1
1c31 : 3e e4 84 b2 07 c4 19 44   dc
1c39 : 55 89 ea 52 32 05 1f 05   2a
1c41 : 19 1c 68 84 a6 ea e4 06   74
```

Listing 1. Assembler »asm 48« zum 8748-Entwicklungssystem (Fortsetzung)



```
1c49 : 84 a7 01 00 0a 21 84 b1  00
1c51 : 07 a4 06 a7 01 00 0a 21  9b
1c59 : 05 1f 07 bf d1 19 3e e4  50
1c61 : 84 b2 07 c4 19 44 55 89  b5
1c69 : ea 52 33 05 1f 05 19 1c  a1
1c71 : 96 84 a6 eb e4 06 84 a7  50
1c79 : 01 00 0a 21 84 b1 07 a4  5c
1c81 : 06 a7 01 00 0a 21 05 1f  97
1c89 : 07 bf d1 19 3e e4 84 b2  8a
1c91 : 07 c4 19 44 55 89 ea 52  bb
1c99 : 34 05 1f 05 19 1c c4 84  47
1ca1 : a6 ec e4 06 84 a7 01 00  41
1ca9 : 0a 21 84 b1 07 a4 06 a7  98
1cb1 : 01 00 0a 21 05 1f 07 bf  3e
1cb9 : d1 19 3e e4 84 b2 07 c4  c6
1cc1 : 19 44 55 89 ea 52 35 05  a3
1cc9 : 1f 05 19 1c f2 84 a6 ed  fe
1cd1 : e4 06 84 a7 01 00 0a 21  49
1cd9 : 84 b1 07 a4 06 a7 01 00  2e
1ce1 : 0a 21 05 1f 07 bf d1 19  89
1ce9 : 3e e4 84 b2 07 c4 19 44  94
1cf1 : 55 89 ea 52 36 05 1f 05  22
1cf9 : 19 1d 20 84 a6 ee e4 06  bb
1d01 : 84 a7 01 00 0a 21 84 b1  b8
1d09 : 07 a4 06 a7 01 00 0a 21  53
1d11 : 05 1f 07 bf d1 19 3e e4  08
1d19 : 84 b2 07 c4 19 44 55 89  6d
1d21 : ea 52 37 05 1f 07 b1 d1  37
1d29 : 19 3e e4 84 a6 ef e4 06  b4
1d31 : 84 a7 01 00 0a 21 84 b1  e8
1d39 : 07 a4 06 a7 01 00 0a 21  83
1d41 : 05 1f 07 bf d1 19 3e e4  38
1d49 : 84 b2 07 c4 19 44 55 93  b1
1d51 : ec 45 4e 54 30 05 1f 05  b0
1d59 : 19 1d 7c 8b b4 07 cb 1a  78
1d61 : 38 12 94 eb 43 4c 4b 05  13
1d69 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84  d2
1d71 : a6 75 e4 06 84 b1 07 c4  47
1d79 : 19 44 55 93 ec 4a 4d 50  73
1d81 : 50 05 1f 05 19 1d a7 8b  ed
1d89 : b4 07 cb 1a 38 12 94 ea  33
1d91 : 40 41 05 1f 07 b1 d1 19  0f
1d99 : 3e e4 84 a6 b3 e4 06 95  e5
1da1 : b1 07 d5 19 44 55 93 ec  85
1da9 : 4a 4e 54 30 05 1f 05 19  c5
1db1 : 1d f5 82 b1 02 1f 09 84  e6
1db9 : b2 07 c4 19 44 55 8b b4  ca
1dc1 : 07 cb 1a 38 12 b1 d0 81  30
1dc9 : 90 11 94 90 a4 03 02 1f  c2
1dd1 : 0d 84 b1 07 90 a4 05 e4  7a
1dd9 : 06 19 1d e9 90 14 82 b2  09
1de1 : 02 1f 07 bb d1 19 3e e4  55
1de9 : 84 a6 26 e4 06 84 b2 07  44
1df1 : c4 19 44 55 93 ec 4a 4e  64
1df9 : 54 31 05 1f 05 19 1e 43  23
1e01 : 82 b1 02 1f 09 84 b2 07  4e
1e09 : c4 19 44 55 8b b4 07 cb  28
1e11 : 1a 38 12 b1 d0 81 90 11  80
1e19 : 94 90 a4 03 02 1f 0d 84  d5
1e21 : b1 07 90 a4 05 e4 06 19  d0
1e29 : 1e 37 90 14 82 b2 02 1f  8d
1e31 : 07 bb d1 19 3e e4 84 a6  18
1e39 : 46 e4 06 84 b2 07 c4 19  ac
1e41 : 44 55 93 ec 4d 4f 56 44  e3
1e49 : 05 1f 05 19 1f 1f 8b b4  c5
1e51 : 07 cb 1a 38 58 94 c9 1a  51
1e59 : 38 12 89 e9 41 05 1f 05  fd
1e61 : 19 1e ba 94 ea 50 34 05  d6
1e69 : 1f 05 19 1e 79 84 bc e4  8d
1e71 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  d7
1e79 : 94 ea 50 35 05 1f 05 19  cd
1e81 : 1e 8e 84 bd e4 06 84 b1  b3
1e89 : 07 c4 19 44 55 94 ea 50  07
1e91 : 36 05 1f 05 19 1e a3 84  cc
1e99 : be e4 06 95 b1 07 d5 19  da
1ea1 : 44 55 94 ea 50 37 05 1f  23
1ea9 : 07 b1 d1 19 3e e4 84 bf  bd
1eb1 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  73
1eb9 : 55 94 e9 41 05 1f 07 b1  c4
1ec1 : d1 19 3e e4 89 ea 50 34  e5
1ec9 : 05 1f 05 19 1e db 84 a6  e2
1ed1 : 3c e4 06 84 b1 07 c4 19  2a
1ed9 : 44 55 89 ea 50 35 05 1f  88
1ee1 : 05 19 1e f1 84 a6 3d e4  75
1ee9 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  4f
1ef1 : 89 ea 50 36 05 1f 05 19  5a
1ef9 : 1f 07 84 a6 3e e4 06 84  be
1f01 : b1 07 c4 19 44 55 89 ea  75
1f09 : 50 37 05 1f 07 b1 d1 19  92
1f11 : 3e e4 84 a6 3f e4 06 84  f3
1f19 : b1 07 c4 19 44 55 93 ec  b9
1f21 : 4d 4f 56 50 05 1f 05 19  45
1f29 : 1f 58 8b b4 07 cb 1a 38  95
1f31 : 58 94 e9 41 05 1f 07 b1  3f
1f39 : d1 19 3e e4 1a 38 12 94  98
1f41 : ea 40 41 05 1f 07 b1 d1  d1
1f49 : 19 3e e4 84 a6 a3 e4 06  72
1f51 : 84 b1 07 c4 19 44 55 93  38
1f59 : ec 4d 4f 56 58 05 1f 05  bf
1f61 : 19 1f e4 8b b4 07 cb 1a  9b
1f69 : 38 58 94 c9 1a 38 12 89  ea
1f71 : e9 41 05 1f 05 19 1f a9  09
1f79 : 94 eb 40 52 30 05 1f 05  0f
1f81 : 19 1f 90 84 a6 80 e4 06  ec
1f89 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  72
1f91 : eb 40 52 31 05 1f 07 b1  20
1f99 : d1 19 3e e4 84 a6 81 e4  70
1fa1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  07
1fa9 : 94 e9 41 05 1f 07 b1 d1  b7
1fb1 : 19 3e e4 89 eb 40 52 30  be
1fb9 : 05 1f 05 19 1f cb 84 a6  62
1fc1 : 90 e4 06 84 b1 07 c4 19  6e
1fc9 : 44 55 89 eb 40 52 31 05  fd
1fd1 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84  3a
1fd9 : a6 91 e4 06 84 b1 07 c4  bd
1fe1 : 19 44 55 93 ec 4f 52 4c  0f
1fe9 : 44 05 1f 05 19 20 64 8b  54
1ff1 : b4 07 cb 1a 38 58 94 c9  8b
1ff9 : 1a 38 12 94 e9 41 05 1f  41
2001 : 07 b1 d1 19 3e e4 89 ea  7f
2009 : 50 34 05 1f 05 19 20 1d  6c
2011 : 84 a6 8c e4 06 84 b1 07  01
2019 : c4 19 44 55 89 ea 50 35  c1
2021 : 05 1f 05 19 20 33 84 a6  15
2029 : 8d e4 06 84 b1 07 c4 19  d3
2031 : 44 55 89 ea 50 36 05 1f  e9
2039 : 05 19 20 49 84 a6 8e e4  7e
2041 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  a7
2049 : 89 ea 50 37 05 1f 05 19  d2
2051 : 20 5f 84 a6 8f e4 06 84  58
2059 : b1 07 c4 19 44 55 b1 d1  3b
2061 : 19 3e e4 93 ec 4f 55 54  8c
2069 : 4c 05 1f 05 19 20 cb 8b  79
2071 : b4 07 cb 1a 38 58 94 c9  0b
2079 : 1a 38 12 94 e9 41 05 1f  c1
2081 : 07 b1 d1 19 3e e4 89 eb  01
2089 : 42 55 53 05 1f 05 19 20  aa
2091 : 9d 84 b2 e4 06 84 b1 07  13
2099 : c4 19 44 55 89 ea 50 31  39
20a1 : 05 1f 05 19 20 b3 84 a6  99
20a9 : 39 e4 06 84 b1 07 c4 19  ff
20b1 : 44 55 89 ea 50 32 05 1f  48
20b9 : 07 b1 d1 19 3e e4 84 a6  9b
20c1 : 3a e4 06 84 b1 07 c4 19  18
20c9 : 44 55 93 ec 52 45 54 52  7f
20d1 : 05 1f 05 19 20 f4 8b b4  0c
20d9 : 07 cb 1a 38 12 94 e8 05  c7
20e1 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84  4a
20e9 : a6 93 e4 06 84 b1 07 c4  ce
20f1 : 19 44 55 93 ec 53 54 4f  4d
20f9 : 50 05 1f 05 19 21 21 8b  6b
2101 : b4 07 cb 1a 38 12 94 ec  af
2109 : 54 43 4e 54 05 1f 07 b1  e6
2111 : d1 19 3e e4 84 a6 65 e4  78
2119 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  7f
2121 : 93 ec 53 54 52 54 05 1f  a4
2129 : 05 19 21 62 8b b4 07 cb  62
2131 : 1a 38 12 94 eb 43 4e 54  39
2139 : 05 1f 05 19 21 4b 84 a6  fe
2141 : 45 e4 06 84 b1 07 c4 19  a3
2149 : 44 55 94 e9 54 05 1f 07  92
2151 : b1 d1 19 3e e4 84 a6 55  b1
2159 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  1b
2161 : 55 93 ec 53 57 41 50 05  f0
2169 : 1f 05 19 21 8c 8b b4 07  7b
2171 : cb 1a 38 12 94 e9 41 05  41
2179 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84  e2
2181 : a6 47 e4 06 84 b1 07 c4  40
2189 : 19 44 55 93 ec 58 43 48  bb
2191 : 44 05 1f 05 19 21 dd 8b  ea
2199 : b4 07 cb 1a 38 58 94 e9  73
21a1 : 41 05 1f 07 b1 d1 19 3e  98
21a9 : e4 1a 38 12 94 eb 40 52  39
21b1 : 30 05 1f 05 19 21 c4 84  83
21b9 : a6 30 e4 06 84 b1 07 c4  ed
21c1 : 19 44 55 94 eb 40 52 31  51
21c9 : 05 1f 07 b1 d1 19 3e e4  fe
21d1 : 84 a6 31 e4 06 84 b1 07  eb
21d9 : c4 19 44 55 93 b3 34 d3  35
21e1 : 93 eb 41 44 44 05 1f 05  36
21e9 : 19 23 15 8b b3 07 cb 1a  21
21f1 : 38 58 94 e9 41 05 1f 07  7e
21f9 : b1 d1 19 3e e4 1a 38 12  c5
2201 : 94 ea 52 30 05 1f 05 19  35
2209 : 22 17 84 a6 68 e4 06 84  7c
2211 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  b1
2219 : 52 31 05 1f 05 19 22 2d  25
2221 : 84 a6 69 e4 06 84 b1 07  49
2229 : c4 19 44 55 94 ea 52 32  84
2231 : 05 1f 05 19 22 43 84 a6  c6
2239 : 6a e4 06 84 b1 07 c4 19  c0
2241 : 44 55 94 ea 52 33 05 1f  c3
2249 : 05 19 22 59 84 a6 6b e4  84
2251 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  b7
2259 : 94 ea 52 34 05 1f 05 19  0d
2261 : 22 6f 84 a6 6c e4 06 84  40
2269 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  09
2271 : 52 35 05 1f 05 19 22 85  30
2279 : 84 a6 6d e4 06 84 b1 07  a2
2281 : c4 19 44 55 94 ea 52 36  e4
2289 : 05 1f 05 19 22 9b 84 a6  e1
2291 : 6e e4 06 84 b1 07 c4 19  1c
2299 : 44 55 94 ea 52 37 05 1f  3b
22a1 : 05 19 22 b1 84 a6 6f e4  f7
22a9 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  0f
22b1 : 94 eb 40 52 30 05 1f 05  47
22b9 : 19 22 c8 84 a6 60 e4 06  b3
22c1 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  aa
22c9 : eb 40 52 31 05 1f 05 19  1f
22d1 : 22 df 84 a6 61 e4 06 84  37
22d9 : b1 07 c4 19 44 55 94 b1  07
22e1 : 34 e9 23 05 1f 07 b1 d1  08
22e9 : 19 3e e4 b0 d1 1a 42 e4  31
22f1 : 91 b0 05 1f 05 19 3e e4  db
22f9 : 84 b3 e4 06 8a a6 ff 01  31
2301 : 1f 07 b6 d1 19 3e e4 84  ac
2309 : b1 07 8a e4 06 84 b2 07  da
2311 : c4 19 44 55 93 eb 41 4e  58
2319 : 4c 05 1f 05 19 25 17 8b  7f
2321 : b3 07 cb 1a 38 58 94 e9  fa
2329 : 41 05 1f 05 19 24 48 1a  5d
2331 : 38 12 94 ea 52 30 05 1f  ee
2339 : 05 19 23 49 84 a6 58 e4  65
2341 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  a7
2349 : 94 ea 52 31 05 1f 05 19  9d
2351 : 23 5f 84 a6 59 e4 06 84  f8
2359 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  f9
2361 : 52 32 05 1f 05 19 23 75  82
2369 : 84 a6 5a e4 06 84 b1 07  cd
2371 : c4 19 44 55 94 ea 52 33  ce
2379 : 05 1f 05 19 23 8b 84 a6  60
2381 : 5b e4 06 84 b1 07 c4 19  f9
2389 : 44 55 94 ea 52 34 05 1f  13
2391 : 05 19 23 a1 84 a6 5c e4  d9
2399 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  ff
23a1 : 94 ea 52 35 05 1f 05 19  75
23a9 : 23 b7 84 a6 5d e4 06 84  bc
23b1 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  51
23b9 : 52 36 05 1f 05 19 23 cd  8d
23c1 : 84 a6 5e e4 06 84 b1 07  26
23c9 : c4 19 44 55 94 ea 52 37  2e
23d1 : 05 1f 05 19 23 e3 84 a6  7b
23d9 : 5f e4 06 84 b1 07 c4 19  55
23e1 : 44 55 94 eb 40 52 30 05  d4
23e9 : 1f 05 19 23 fa 84 a6 50  45
23f1 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  b3
23f9 : 55 94 eb 40 52 31 05 1f  9c
2401 : 05 19 24 11 84 a6 51 e4  4b
2409 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  6f
2411 : 94 b1 34 e9 23 05 1f 07  ad
2419 : b1 d1 19 3e e4 b0 d1 1a  10
2421 : 42 e4 91 b0 05 1f 05 19  df
2429 : 3e e4 84 a6 53 e4 06 8a  59
2431 : a6 ff 01 1f 07 b6 d1 19  9b
2439 : 3e e4 84 b1 07 8a e4 06  a5
2441 : 84 b2 07 c4 19 44 55 94  ab
2449 : eb 42 55 53 05 1f 05 19  a5
2451 : 24 8d 1a 38 12 94 b1 34  be
2459 : e9 23 05 1f 07 b1 d1 19  71
2461 : 3e e4 b0 d1 1a 42 e4 91  e2
2469 : b0 05 1f 05 19 3e e4 84  24
2471 : a6 98 e4 06 8a a6 ff 01  3d
2479 : 1f 07 b6 d1 19 3e e4 84  24
2481 : b1 07 8a e4 06 84 b2 07  52
2489 : c4 19 44 55 94 ea 50 31  da
2491 : 05 1f 05 19 24 d1 1a 38  34
2499 : 12 94 b1 34 e9 23 05 1f  f2
24a1 : 07 b1 d1 19 3e e4 b0 d1  8a
24a9 : 1a 42 e4 91 b0 05 1f 05  09
24b1 : 19 3e e4 84 a6 99 e4 06  8a
24b9 : 8a a6 ff 01 1f 07 b6 d1  5f
24c1 : 19 3e e4 84 b1 07 8a e4  0a
24c9 : 06 84 b2 07 c4 19 44 55  70
24d1 : 94 ea 50 32 05 1f 07 b1  fe
24d9 : d1 19 3e e4 1a 38 12 94  38
24e1 : b1 34 e9 23 05 1f 07 b1  54
```

```
24e9 : d1 19 3e e4 b0 d1 1a 42  f9
24f1 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e  66
24f9 : e4 84 a6 9a e4 06 8a a6  12
2501 : ff 01 1f 07 b6 d1 19 3e  04
2509 : e4 84 b1 07 8a e4 06 84  6e
2511 : b2 07 c4 19 44 55 93 eb  b0
2519 : 43 4c 52 05 1f 05 19 25  80
2521 : 81 8b b3 07 cb 1a 38 12  c8
2529 : 94 e9 41 05 1f 05 19 25  6c
2531 : 3e 84 a6 27 e4 06 84 b1  34
2539 : 07 c4 19 44 55 94 e9 43  99
2541 : 05 1f 05 19 25 53 84 a6  87
2549 : 97 e4 06 84 b1 07 c4 19  fd
2551 : 44 55 94 ea 46 30 05 1f  fa
2559 : 05 19 25 69 84 a6 85 e4  bf
2561 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
2569 : 94 ea 46 31 05 1f 07 b1  f3
2571 : d1 19 3e e4 84 a6 a5 e4  d9
2579 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  df
2581 : 93 eb 43 50 4c 05 1f 05  58
2589 : 19 25 eb 8b b3 07 cb 1a  78
2591 : 38 12 94 e9 41 05 1f 05  f7
2599 : 19 25 a8 84 a6 37 e4 06  c3
25a1 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  8a
25a9 : e9 43 05 1f 05 19 25 bd  82
25b1 : 84 a6 a7 e4 06 84 b1 07  68
25b9 : c4 19 44 55 94 ea 46 30  e0
25c1 : 05 1f 05 19 25 d3 84 a6  0b
25c9 : 95 e4 06 84 b1 07 c4 19  7b
25d1 : 44 55 94 ea 46 31 05 1f  82
25d9 : 07 b1 d1 19 3e e4 84 a6  bb
25e1 : b5 e4 06 84 b1 07 c4 19  b3
25e9 : 44 55 93 eb 44 45 43 05  c0
25f1 : 1f 05 19 26 c3 8b b3 07  13
25f9 : cb 1a 38 12 94 e9 41 05  c9
2601 : 1f 05 19 26 11 84 b7 e4  8c
2609 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  6f
2611 : 94 ea 52 30 05 1f 05 19  45
2619 : 26 27 84 a6 c8 e4 06 84  9e
2621 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  c1
2629 : 52 31 05 1f 05 19 26 3d  65
2631 : 84 a6 c9 e4 06 84 b1 07  71
2639 : c4 19 44 55 94 ea 52 32  94
2641 : 05 1f 05 19 26 53 84 a6  97
2649 : ca e4 06 84 b1 07 c4 19  30
2651 : 44 55 94 ea 52 33 05 1f  d3
2659 : 05 19 26 69 84 a6 cb e4  18
2661 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
2669 : 94 ea 52 34 05 1f 05 19  1d
2671 : 26 7f 84 a6 cc e4 06 84  62
2679 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  19
2681 : 52 35 05 1f 05 19 26 95  70
2689 : 84 a6 cd e4 06 84 b1 07  ca
2691 : c4 19 44 55 94 ea 52 36  f4
2699 : 05 1f 05 19 26 ab 84 a6  b1
26a1 : ce e4 06 84 b1 07 c4 19  8c
26a9 : 44 55 94 ea 52 37 05 1f  4b
26b1 : 07 b1 d1 19 3e e4 84 a6  93
26b9 : cf e4 06 84 b1 07 c4 19  a5
26c1 : 44 55 93 eb 44 49 53 05  f8
26c9 : 1f 05 19 27 04 8b b3 07  10
26d1 : cb 1a 38 12 94 e9 49 05  c1
26d9 : 1f 05 19 26 e9 84 f5 e4  ea
26e1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  47
26e9 : 94 ed 54 43 4e 54 49 05  a8
26f1 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 84  5a
26f9 : a6 35 e4 06 84 b1 07 c4  af
2701 : 19 44 55 93 eb 49 4e 43  cd
2709 : 05 1f 05 19 28 00 8b b3  1a
2711 : 07 cb 1a 38 12 94 e9 41  7b
2719 : 05 1f 05 19 27 2a 84 f7  d8
2721 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  e3
2729 : 55 94 ea 52 30 05 1f 05  7f
2731 : 19 27 3f 84 f8 e4 06 84  16
2739 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  d9
2741 : 52 31 05 1f 05 19 27 54  af
2749 : 84 f9 e4 06 84 b1 07 c4  3f
2751 : 19 44 55 94 ea 52 32 05  88
2759 : 1f 05 19 27 69 84 fa e4  97
2761 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
2769 : 94 ea 52 33 05 1f 05 19  fd
2771 : 27 7e 84 fb e4 06 84 b1  6c
2779 : 07 c4 19 44 55 94 ea 52  fb
2781 : 34 05 1f 05 19 27 93 84  c2
2789 : fc e4 06 84 b1 07 c4 19  a2
2791 : 44 55 94 ea 52 35 05 1f  23
2799 : 05 19 27 a8 84 fd e4 06  e2
27a1 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  8a
27a9 : ea 52 36 05 1f 05 19 27  b7
27b1 : bd 84 fe e4 06 84 b1 07  66
27b9 : c4 19 44 55 94 ea 52 37  1e
27c1 : 05 1f 05 19 27 d2 84 ff  d5
27c9 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  8b
27d1 : 55 94 eb 40 52 30 05 1f  6c
27d9 : 05 19 27 e8 84 f0 e4 06  c1
27e1 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  ca
27e9 : eb 40 52 31 05 1f 07 b1  78
27f1 : d1 19 3e e4 84 f1 e4 06  f2
27f9 : 84 b1 07 c4 19 44 55 93  e0
2801 : eb 49 4e 53 05 1f 05 19  1e
2809 : 28 38 8b b3 07 cb 1a 38  4e
2811 : 58 94 e9 41 05 1f 07 b1  1f
2819 : d1 19 3e e4 1a 38 12 94  78
2821 : eb 42 55 53 05 1f 07 b1  b6
2829 : d1 19 3e e4 84 b8 e4 06  61
2831 : 84 b1 07 c4 19 44 55 93  18
2839 : eb 4a 42 30 02 93 eb 4a  e1
2841 : 42 31 02 0d 93 eb 4a 42  84
2849 : 32 02 0d 93 eb 4a 42 33  b3
2851 : 02 0d 1f 05 19 28 7b 93  2a
2859 : eb 4a 42 34 02 93 eb 4a  81
2861 : 42 35 02 0d 93 eb 4a 42  a6
2869 : 36 02 0d 93 eb 4a 42 37  df
2871 : 02 0d 1f 05 19 28 7b 19  55
2879 : 29 35 82 b1 02 1f 09 84  5a
2881 : b2 07 c4 19 44 55 8b b3  90
2889 : 07 cb 1a 38 12 b1 d0 81  f8
2891 : 90 11 94 90 a4 03 02 1f  8a
2899 : 09 90 a4 05 d6 19 28 ad  e6
28a1 : 90 14 82 b2 02 1f 07 bb  df
28a9 : d1 19 3e e4 93 eb 4a 42  79
28b1 : 30 02 1f 06 84 f2 e4 06  ea
28b9 : 93 eb 4a 42 31 02 1f 07  ca
28c1 : 84 a6 28 e4 06 93 eb 4a  80
28c9 : 42 32 02 1f 07 84 a6 52  5d
28d1 : e4 06 93 eb 4a 42 33 02  a2
28d9 : 1f 07 84 a6 72 e4 06 93  ff
28e1 : eb 4a 42 34 02 1f 07 84  47
28e9 : a6 92 e4 06 93 eb 4a 42  18
28f1 : 35 02 1f 07 84 a6 b2 e4  e2
28f9 : 06 93 eb 4a 42 36 02 1f  29
2901 : 07 84 a6 d2 e4 06 93 eb  f3
2909 : 4a 42 37 02 1f 07 84 a6  0c
2911 : f2 e4 06 84 a7 01 00 0a  1e
2919 : 21 96 a7 01 00 0a 21 05  6e
2921 : 1f 07 bf d1 19 3e e4 84  0e
2929 : b1 07 96 e4 06 84 b2 07  fd
2931 : c4 19 44 55 93 eb 4a 46  8c
2939 : 30 02 93 eb 4a 46 [illegible] 02  6c
2941 : 0d 93 eb 4a 4e 43 02 0d  7d
2949 : 93 eb 4a 4e 49 02 0d 1f  45
2951 : 05 19 29 78 93 eb 4a 4e  9b
2959 : 5a 02 93 eb 4a 54 30 02  23
2961 : 0d 93 eb 4a 54 31 02 0d  6d
2969 : 93 eb 4a 54 46 02 0d 1f  f6
2971 : 05 19 29 78 19 2a 32 82  0d
2979 : b1 02 1f 09 84 b2 07 c4  98
2981 : 19 44 55 8b b3 07 cb 1a  5a
2989 : 38 12 b1 d0 81 90 11 94  5b
2991 : 90 a4 03 02 1f 09 90 a4  3a
2999 : 05 d6 19 29 aa 90 14 82  f9
29a1 : b2 02 1f 07 bb d1 19 3e  28
29a9 : e4 93 eb 4a 46 30 02 1f  c7
29b1 : 07 84 a6 b6 e4 06 93 eb  1f
29b9 : 4a 46 31 02 1f 07 84 a6  3d
29c1 : 76 e4 06 93 eb 4a 4e 43  6e
29c9 : 02 1f 07 84 a6 e6 e4 06  ee
29d1 : 93 eb 4a 4e 49 02 1f 07  e5
29d9 : 84 a6 86 e4 06 93 eb 4a  30
29e1 : 4e 5a 02 1f 07 84 a6 96  1d
29e9 : e4 06 93 eb 4a 54 30 02  3f
29f1 : 1f 07 84 a6 36 e4 06 93  53
29f9 : eb 4a 54 31 02 1f 07 84  83
2a01 : a6 56 e4 06 93 eb 4a 54  37
2a09 : 46 02 1f 06 84 f6 e4 06  79
2a11 : 84 a7 01 00 0a 21 96 a7  fd
2a19 : 01 00 0a 21 05 1f 07 bf  a6
2a21 : d1 19 3e e4 84 b1 07 96  ca
2a29 : e4 06 84 b2 07 c4 19 44  0b
2a31 : 55 93 eb 4a 4d 50 05 1f  3e
2a39 : 05 19 2a a1 82 b1 02 1f  86
2a41 : 09 84 b2 07 c4 19 44 55  eb
2a49 : 8b b3 07 cb 1a 38 12 b1  f8
2a51 : d0 81 90 11 94 90 a4 03  8e
2a59 : 02 1f 09 90 a4 05 d6 19  3f
2a61 : 2a 6f 90 14 82 b2 02 1f  ed
2a69 : 07 bb d1 19 3e e4 84 96  30
2a71 : a7 01 00 0a 21 a6 20 09  b4
2a79 : b4 07 e4 06 84 b1 07 96  ca
2a81 : 96 a7 01 00 0a 21 a7 01  76
2a89 : 00 09 08 e4 06 96 a7 03  66
2a91 : ff 01 1f 07 f0 d1 19 3e  38
2a99 : e4 84 b2 07 c4 19 44 55  1e
2aa1 : 93 eb 4d 4f 56 05 1f 05  7b
2aa9 : 19 2f c6 8b b3 07 cb 1a  54
2ab1 : 38 58 94 e9 41 05 1f 05  3a
2ab9 : 19 2c 00 1a 38 12 94 b1  f6
2ac1 : 34 e9 23 05 1f 05 19 2a  26
2ac9 : f4 b0 d1 1a 42 e4 91 b0  c0
2ad1 : 05 1f 05 19 3e e4 84 a6  35
2ad9 : 23 e4 06 8a a6 ff 01 1f  ee
2ae1 : 07 b6 d1 19 3e e4 84 b1  5b
2ae9 : 07 8a e4 06 84 b2 07 c4  b3
2af1 : 19 44 55 94 eb 50 53 57  51
2af9 : 05 1f 05 19 2b 0b 84 a6  5d
2b01 : c7 e4 06 84 b1 07 c4 19  e5
2b09 : 44 55 94 ea 52 30 05 1f  73
2b11 : 05 19 2b 21 84 a6 f8 e4  bd
2b19 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  7f
2b21 : 94 ea 52 31 05 1f 05 19  75
2b29 : 2b 37 84 a6 f9 e4 06 84  ce
2b31 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  d1
2b39 : 52 32 05 1f 05 19 2b 4d  2a
2b41 : 84 a6 fa e4 06 84 b1 07  cd
2b49 : c4 19 44 55 94 ea 52 33  a6
2b51 : 05 1f 05 19 2b 63 84 a6  78
2b59 : fb e4 06 84 b1 07 c4 19  71
2b61 : 44 55 94 ea 52 34 05 1f  eb
2b69 : 05 19 2b 79 84 a6 fc e4  30
2b71 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  d7
2b79 : 94 ea 52 35 05 1f 05 19  4d
2b81 : 2b 8f 84 a6 fd e4 06 84  92
2b89 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  29
2b91 : 52 36 05 1f 05 19 2b a5  35
2b99 : 84 a6 fe e4 06 84 b1 07  26
2ba1 : c4 19 44 55 94 ea 52 37  06
2ba9 : 05 1f 05 19 2b bb 84 a6  92
2bb1 : ff e4 06 84 b1 07 c4 19  cd
2bb9 : 44 55 94 eb 40 52 30 05  ac
2bc1 : 1f 05 19 2b d2 84 a6 f0  dc
2bc9 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  8b
2bd1 : 55 94 eb 40 52 31 05 1f  74
2bd9 : 05 19 2b e9 84 a6 f1 e4  82
2be1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  47
2be9 : 94 e9 54 05 1f 07 b1 d1  bc
2bf1 : 19 3e e4 84 a6 42 e4 06  0f
2bf9 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  e2
2c01 : eb 50 53 57 05 1f 05 19  64
2c09 : 2c 25 1a 38 12 94 e9 41  45
2c11 : 05 1f 07 b1 d1 19 3e e4  46
2c19 : 84 a6 d7 e4 06 84 b1 07  dc
2c21 : c4 19 44 55 94 ea 52 30  78
2c29 : 05 1f 05 19 2c 7e 1a 38  b2
2c31 : 12 94 e9 41 05 1f 05 19  bf
2c39 : 2c 47 84 a6 a8 e4 06 84  d2
2c41 : b1 07 c4 19 44 55 94 b1  6f
2c49 : 34 e9 23 05 1f 07 b1 d1  70
2c51 : 19 3e e4 b0 d1 1a 42 e4  99
2c59 : 91 b0 05 1f 05 19 3e e4  43
2c61 : 84 a6 b8 e4 06 8a a6 ff  52
2c69 : 01 1f 07 b6 d1 19 3e e4  3b
2c71 : 84 b1 07 8a e4 06 84 b2  d7
2c79 : 07 c4 19 44 55 94 ea 52  fb
2c81 : 31 05 1f 05 19 2c d7 1a  24
2c89 : 38 12 94 e9 41 05 1f 05  ef
2c91 : 19 2c a0 84 a6 a9 e4 06  d0
2c99 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  82
2ca1 : b1 34 e9 23 05 1f 07 b1  14
2ca9 : d1 19 3e e4 b0 d1 1a 42  b9
2cb1 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e  26
2cb9 : e4 84 a6 b9 e4 06 8a a6  b6
2cc1 : ff 01 1f 07 b6 d1 19 3e  c4
2cc9 : e4 84 b1 07 8a e4 06 84  2e
2cd1 : b2 07 c4 19 44 55 94 ea  72
2cd9 : 52 32 05 1f 05 19 2d 30  98
2ce1 : 1a 38 12 94 e9 41 05 1f  29
2ce9 : 05 19 2c f9 84 a6 aa e4  b7
2cf1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  57
2cf9 : 94 b1 34 e9 23 05 1f 07  95
2d01 : b1 d1 19 3e e4 b0 d1 1a  f8
2d09 : 42 e4 91 b0 05 1f 05 19  c7
2d11 : 3e e4 84 a6 ba e4 06 8a  b7
2d19 : a6 ff 01 1f 07 b6 d1 19  83
2d21 : 3e e4 84 b1 07 8a e4 06  8d
2d29 : 84 b2 07 c4 19 44 55 94  93
2d31 : ea 52 33 05 1f 05 19 2d  8b
2d39 : 89 1a 38 12 94 e9 41 05  c7
2d41 : 1f 05 19 2d 52 84 a6 ab  0a
2d49 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  0b
2d51 : 55 94 b1 34 e9 23 05 1f  ed
2d59 : 07 b1 d1 19 3e e4 b0 d1  42
2d61 : 1a 42 e4 91 b0 05 1f 05  c1
2d69 : 19 3e e4 84 a6 bb e4 06  53
2d71 : 8a a6 ff 01 1f 07 b6 d1  17
2d79 : 19 3e e4 84 b1 07 8a e4  c2
2d81 : 06 84 b2 07 c4 19 44 55  28
```

Listing 1. Assembler »asm 48« zum 8748-Entwicklungssystem (Fortsetzung)

```
2d89 : 94 ea 52 34 05 1f 05 19  3d
2d91 : 2d e2 1a 38 12 94 e9 41  ad
2d99 : 05 1f 05 19 2d ab 84 a6  22
2da1 : ac e4 06 84 b1 07 c4 19  6a
2da9 : 44 55 94 b1 34 e9 23 05  1c
2db1 : 1f 07 b1 d1 19 3e e4 b0  73
2db9 : d1 1a 42 e4 91 b0 05 1f  b5
2dc1 : 05 19 3e e4 84 a6 bc e4  b9
2dc9 : 06 8a a6 ff 01 1f 07 b6  50
2dd1 : d1 19 3e e4 84 b1 07 8a  62
2dd9 : e4 06 84 b2 07 c4 19 44  bb
2de1 : 55 94 ea 52 35 05 1f 05  87
2de9 : 19 2e 3b 1a 38 12 94 e9  66
2df1 : 41 05 1f 05 19 2e 04 84  39
2df9 : a6 ad e4 06 84 b1 07 c4  eb
2e01 : 19 44 55 94 b1 34 e9 23  cf
2e09 : 05 1f 07 b1 d1 19 3e e4  3e
2e11 : b0 d1 1a 42 e4 91 b0 05  20
2e19 : 1f 05 19 3e e4 84 a6 bd  51
2e21 : e4 06 8a a6 ff 01 1f 07  12
2e29 : b6 d1 19 3e e4 84 b1 07  1d
2e31 : 8a e4 06 84 b2 07 c4 19  e8
2e39 : 44 55 94 ea 52 36 05 1f  d3
2e41 : 05 19 2e 94 1a 38 12 94  c6
2e49 : e9 41 05 1f 05 19 2e 5d  85
2e51 : 84 a6 ae e4 06 84 b1 07  ca
2e59 : c4 19 44 55 94 b1 34 e9  e1
2e61 : 23 05 1f 07 b1 d1 19 3e  3a
2e69 : e4 b0 d1 1a 42 e4 91 b0  50
2e71 : 05 1f 05 19 3e e4 84 a6  d5
2e79 : be e4 06 8a a6 ff 01 1f  29
2e81 : 07 b6 d1 19 3e e4 84 b1  fb
2e89 : 07 8a e4 06 84 b2 07 c4  53
2e91 : 19 44 55 94 ea 52 37 05  dc
2e99 : 1f 05 19 2e ed 1a 38 12  fc
2ea1 : 94 e9 41 05 1f 05 19 2e  f6
2ea9 : b6 84 a6 af e4 06 84 b1  35
2eb1 : 07 c4 19 44 55 94 b1 34  12
2eb9 : e9 23 05 1f 07 b1 d1 19  d1
2ec1 : 3e e4 b0 d1 1a 42 e4 91  42
2ec9 : b0 05 1f 05 19 3e e4 84  84
2ed1 : a6 bf e4 06 8a a6 ff 01  31
2ed9 : 1f 07 b6 d1 19 3e e4 84  84
2ee1 : b1 07 8a e4 06 84 b2 07  b2
2ee9 : c4 19 44 55 94 eb 40 52  44
2ef1 : 30 05 1f 05 19 2f 47 1a  69
2ef9 : 38 12 94 e9 41 05 1f 05  5f
2f01 : 19 2f 10 84 a6 a0 e4 06  55
2f09 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  f2
2f11 : b1 34 e9 23 05 1f 07 b1  84
2f19 : d1 19 3e e4 b0 d1 1a 42  29
2f21 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e  96
2f29 : e4 84 a6 b0 e4 06 8a a6  05
2f31 : ff 01 1f 07 b6 d1 19 3e  34
2f39 : e4 84 b1 07 8a e4 06 84  9e
2f41 : b2 07 c4 19 44 55 94 eb  e4
2f49 : 40 52 31 05 1f 05 19 2f  7c
2f51 : a1 1a 38 12 94 e9 41 05  f7
2f59 : 1f 05 19 2f 6a 84 a6 a1  d0
2f61 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  23
2f69 : 55 94 b1 34 e9 23 05 1f  05
2f71 : 07 b1 d1 19 3e e4 b0 d1  5a
2f79 : 1a 42 e4 91 b0 05 1f 05  d9
2f81 : 19 3e e4 84 a6 b1 e4 06  1b
2f89 : 8a a6 ff 01 1f 07 b6 d1  2f
2f91 : 19 3e e4 84 b1 07 8a e4  da
2f99 : 06 84 b2 07 c4 19 44 55  40
2fa1 : 94 e9 54 05 1f 07 b1 d1  74
2fa9 : 19 3e e4 1a 38 12 94 e9  98
2fb1 : 41 05 1f 07 b1 d1 19 3e  a8
2fb9 : e4 84 a6 62 e4 06 84 b1  c9
2fc1 : 07 c4 19 44 55 93 eb 4e  37
2fc9 : 4f 50 05 1f 05 19 2f ed  17
2fd1 : 8b b3 07 cb 1a 38 12 94  46
2fd9 : e8 05 1f 07 b1 d1 19 3e  77
2fe1 : e4 84 b0 e4 06 84 b1 07  29
2fe9 : c4 19 44 55 93 eb 4f 52  70
2ff1 : 4c 05 1f 05 19 31 ef 8b  1a
2ff9 : b3 07 cb 1a 38 58 94 e9  d2
3001 : 41 05 1f 05 19 31 20 1a  fd
3009 : 38 12 94 ea 52 30 05 1f  c6
3011 : 05 19 30 21 84 a6 48 e4  3b
3019 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  7f
3021 : 94 ea 52 31 05 1f 05 19  75
3029 : 30 37 84 a6 49 e4 06 84  c8
3031 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  d1
3039 : 52 32 05 1f 05 19 30 4d  3e
3041 : 84 a6 4a e4 06 84 b1 07  a1
3049 : c4 19 44 55 94 ea 52 33  a6
3051 : 05 1f 05 19 30 63 84 a6  c8
3059 : 4b e4 06 84 b1 07 c4 19  c1
3061 : 44 55 94 ea 52 34 05 1f  eb
3069 : 05 19 30 79 84 a6 4c e4  af
3071 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  d7
3079 : 94 ea 52 35 05 1f 05 19  4d
3081 : 30 8f 84 a6 4d e4 06 84  8c
3089 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  29
3091 : 52 36 05 1f 05 19 30 a5  49
3099 : 84 a6 4e e4 06 84 b1 07  fa
30a1 : c4 19 44 55 94 ea 52 37  06
30a9 : 05 1f 05 19 30 bb 84 a6  e3
30b1 : 4f e4 06 84 b1 07 c4 19  1d
30b9 : 44 55 94 eb 40 52 30 05  ac
30c1 : 1f 05 19 30 d2 84 a6 40  1c
30c9 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  8b
30d1 : 55 94 eb 40 52 31 05 1f  74
30d9 : 05 19 30 e9 84 a6 41 e4  00
30e1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  47
30e9 : 94 b1 34 e9 23 05 1f 07  85
30f1 : b1 d1 19 3e e4 b0 d1 1a  e8
30f9 : 42 e4 91 b0 05 1f 05 19  b7
3101 : 3e e4 84 a6 43 e4 06 8a  30
3109 : a6 ff 01 1f 07 b6 d1 19  73
3111 : 3e e4 84 b1 07 8a e4 06  7d
3119 : 84 b2 07 c4 19 44 55 94  83
3121 : eb 42 55 53 05 1f 05 19  7d
3129 : 31 65 1a 38 12 94 b1 34  8f
3131 : e9 23 05 1f 07 b1 d1 19  49
3139 : 3e e4 b0 d1 1a 42 e4 91  ba
3141 : b0 05 1f 05 19 3e e4 84  fc
3149 : a6 88 e4 06 8a a6 ff 01  0d
3151 : 1f 07 b6 d1 19 3e e4 84  fc
3159 : b1 07 8a e4 06 84 b2 07  2a
3161 : c4 19 44 55 94 ea 50 31  b2
3169 : 05 1f 05 19 31 a9 1a 38  9c
3171 : 12 94 b1 34 e9 23 05 1f  ca
3179 : 07 b1 d1 19 3e e4 b0 d1  62
3181 : 1a 42 e4 91 b0 05 1f 05  e1
3189 : 19 3e e4 84 a6 89 e4 06  e1
3191 : 8a a6 ff 01 1f 07 b6 d1  37
3199 : 19 3e e4 84 b1 07 8a e4  e2
31a1 : 06 84 b2 07 c4 19 44 55  48
31a9 : 94 ea 50 32 05 1f 07 b1  d6
31b1 : d1 19 3e e4 1a 38 12 94  10
31b9 : b1 34 e9 23 05 1f 07 b1  2c
31c1 : d1 19 3e e4 b0 d1 1a 42  d1
31c9 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e  3e
31d1 : e4 84 a6 8a e4 06 8a a6  e8
31d9 : ff 01 1f 07 b6 d1 19 3e  dc
31e1 : e4 84 b1 07 8a e4 06 84  46
31e9 : b2 07 c4 19 44 55 93 eb  88
31f1 : 52 45 54 05 1f 05 19 32  7f
31f9 : 17 8b b3 07 cb 1a 38 12  36
3201 : 94 e8 05 1f 07 b1 d1 19  a6
3209 : 3e e4 64 a6 83 e4 06 84  30
3211 : b1 07 c4 19 44 55 93 eb  af
3219 : 52 4c 43 05 1f 05 19 32  e6
3221 : 40 8b b3 07 cb 1a 38 12  87
3229 : 94 e9 41 05 1f 07 b1 d1  37
3231 : 19 3e e4 84 a6 f7 e4 06  fd
3239 : 84 b1 07 c4 19 44 55 93  20
3241 : eb 52 52 43 05 1f 05 19  e2
3249 : 32 69 8b b3 07 cb 1a 38  31
3251 : 12 94 e9 41 05 1f 07 b1  19
3259 : d1 19 3e e4 84 a6 67 e4  c8
3261 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
3269 : 93 eb 53 45 4c 05 1f 05  e3
3271 : 19 33 07 8b b3 07 cb 1a  2e
3279 : 38 12 94 eb 41 4e 30 05  ae
3281 : 1f 05 19 32 92 84 a6 95  c3
3289 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  4b
3291 : 55 94 eb 41 4e 31 05 1f  14
3299 : 05 19 32 a9 84 a6 85 e4  4a
32a1 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  07
32a9 : 94 eb 4d 42 30 05 1f 05  80
32b1 : 19 32 c0 84 a6 e5 e4 06  dd
32b9 : 84 b1 07 c4 19 44 55 94  a2
32c1 : eb 4d 42 31 05 1f 05 19  99
32c9 : 32 d7 84 a6 f5 e4 06 84  84
32d1 : b1 07 c4 19 44 55 94 eb  73
32d9 : 52 42 30 05 1f 05 19 32  dc
32e1 : ee 84 a6 c5 e4 06 84 b1  68
32e9 : 07 c4 19 44 55 94 eb 52  70
32f1 : 42 31 05 1f 07 b1 d1 19  69
32f9 : 3e e4 84 a6 d5 e4 06 84  45
3301 : b1 07 c4 19 44 55 93 eb  9f
3309 : 58 43 48 05 1f 05 19 34  9d
3311 : 07 8b b3 07 cb 1a 38 58  cb
3319 : 94 e9 41 05 1f 07 b1 d1  27
3321 : 19 3e e4 1a 38 12 94 ea  12
3329 : 52 30 05 1f 05 19 33 3d  19
3331 : 84 a6 24 e4 06 84 b1 07  07
3339 : c4 19 44 55 94 ea 52 31  92
3341 : 05 1f 05 19 33 53 84 a6  68
3349 : 25 e4 06 84 b1 07 c4 19  8b
3351 : 44 55 94 ea 52 32 05 1f  cb
3359 : 05 19 33 69 84 a6 26 e4  c5
3361 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
3369 : 94 ea 52 33 05 1f 05 19  fd
3371 : 33 7f 84 a6 27 e4 06 84  14
3379 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  19
3381 : 52 34 05 1f 05 19 33 95  24
3389 : 84 a6 28 e4 06 84 b1 07  60
3391 : c4 19 44 55 94 ea 52 35  f2
3399 : 05 1f 05 19 33 ab 84 a6  82
33a1 : 29 e4 06 84 b1 07 c4 19  e7
33a9 : 44 55 94 ea 52 36 05 1f  43
33b1 : 05 19 33 c1 84 a6 2a e4  38
33b9 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  1f
33c1 : 94 ea 52 37 05 1f 05 19  d5
33c9 : 33 d7 84 a6 2b e4 06 84  d9
33d1 : b1 07 c4 19 44 55 94 eb  73
33d9 : 40 52 30 05 1f 05 19 33  d4
33e1 : ee 84 a6 20 e4 06 84 b1  b3
33e9 : 07 c4 19 44 55 94 eb 40  4b
33f1 : 52 31 05 1f 07 b1 d1 19  79
33f9 : 3e e4 84 a6 21 e4 06 84  fa
3401 : b1 07 c4 19 44 55 93 eb  9f
3409 : 58 52 4c 05 1f 05 19 35  27
3411 : 3c 8b b3 07 cb 1a 38 58  00
3419 : 94 e9 41 05 1f 07 b1 d1  27
3421 : 19 3e e4 1a 38 12 94 ea  12
3429 : 52 30 05 1f 05 19 34 3d  1d
3431 : 84 a6 d8 e4 06 84 b1 07  34
3439 : c4 19 44 55 94 ea 52 31  92
3441 : 05 1f 05 19 34 53 84 a6  78
3449 : d9 e4 06 84 b1 07 c4 19  3f
3451 : 44 55 94 ea 52 32 05 1f  cb
3459 : 05 19 34 69 84 a6 da e4  d8
3461 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  c7
3469 : 94 ea 52 33 05 1f 05 19  fd
3471 : 34 7f 84 a6 db e4 06 84  61
3479 : b1 07 c4 19 44 55 94 ea  19
3481 : 52 34 05 1f 05 19 34 95  28
3489 : 84 a6 dc e4 06 84 b1 07  8d
3491 : c4 19 44 55 94 ea 52 35  f2
3499 : 05 1f 05 19 34 ab 84 a6  92
34a1 : dd e4 06 84 b1 07 c4 19  9b
34a9 : 44 55 94 ea 52 36 05 1f  43
34b1 : 05 19 34 c1 84 a6 de e4  4b
34b9 : 06 84 b1 07 c4 19 44 55  1f
34c1 : 94 ea 52 37 05 1f 05 19  d5
34c9 : 34 d7 84 a6 df e4 06 84  25
34d1 : b1 07 c4 19 44 55 94 eb  73
34d9 : 40 52 30 05 1f 05 19 34  d6
34e1 : ee 84 a6 d0 e4 06 84 b1  c9
34e9 : 07 c4 19 44 55 94 eb 40  4b
34f1 : 52 31 05 1f 05 19 35 05  f9
34f9 : 84 a6 d1 e4 06 84 b1 07  3b
3501 : c4 19 44 55 94 b1 34 e9  89
3509 : 23 05 1f 07 b1 d1 19 3e  e2
3511 : e4 b0 d1 1a 42 e4 91 b0  f8
3519 : 05 1f 05 19 3e e4 84 a6  7d
3521 : d3 e4 06 8a a6 ff 01 1f  e6
3529 : 07 b6 d1 19 3e e4 84 b1  a3
3531 : 07 8a e4 06 84 b2 07 c4  fb
3539 : 19 44 55 93 eb 4f 52 47  4d
3541 : 05 1f 05 19 35 7b 8b b3  ff
3549 : 07 cb 1a 38 12 94 b1 34  b8
3551 : e9 23 05 1f 07 e9 23 94  67
3559 : 07 d4 b0 d1 1a 42 e4 91  9b
3561 : b0 05 1f 05 19 3e e4 8a  29
3569 : a7 03 ff 01 1f 07 f1 d1  47
3571 : 19 3e e4 8a c4 8a c5 19  1e
3579 : 44 55 93 b2 34 d3 93 ea  a9
3581 : 44 41 05 1f 05 19 35 a7  c8
3589 : 8b b2 07 cb 1a 38 12 94  7d
3591 : e9 41 05 1f 07 b1 d1 19  b8
3599 : 3e e4 84 a6 57 e4 06 84  fd
35a1 : b1 07 c4 19 44 55 93 ea  3d
35a9 : 45 4e 05 1f 05 19 35 e7  f8
35b1 : 8b b2 07 cb 1a 38 12 94  a5
35b9 : e9 49 05 1f 05 19 35 cc  f4
35c1 : 84 b5 e4 06 84 b1 07 c4  95
35c9 : 19 44 55 94 ed 54 43 4e  17
35d1 : 54 49 05 1f 07 b1 d1 19  67
35d9 : 3e e4 84 a6 25 e4 06 84  1a
35e1 : b1 07 c4 19 44 55 93 ea  7d
35e9 : 49 4e 05 1f 05 19 36 32  d5
35f1 : 8b b2 07 cb 1a 38 58 94  ff
35f9 : e9 41 05 1f 07 b1 d1 19  20
3601 : 3e e4 1a 38 12 94 ea 50  51
3609 : 31 05 1f 05 19 36 1b 84  de
3611 : b9 e4 06 84 b1 07 c4 19  e7
3619 : 44 55 94 ea 50 32 05 1f  73
3621 : 07 b1 d1 19 3e e4 84 ba  2b
```

```
3629 : e4 06 84 b1 07 c4 19 44  eb
3631 : 55 93 ea 4a 43 05 1f 05  37
3639 : 19 36 98 82 b1 02 1f 09  9d
3641 : 84 b2 07 c4 19 44 55 8b  99
3649 : b2 07 cb 1a 38 12 b1 d0  31
3651 : 81 90 11 94 90 a4 03 02  2f
3659 : 1f 09 90 a4 05 d6 19 36  8d
3661 : 6e 90 14 82 b2 02 1f 07  32
3669 : bb d1 19 3e e4 84 a6 f6  16
3671 : e4 06 84 b1 07 96 e4 06  74
3679 : 84 a7 01 00 0a 21 84 b1  30
3681 : 07 a4 06 a7 01 00 0a 21  cb
3689 : 05 1f 07 bf d1 19 3e e4  80
3691 : 84 b2 07 c4 19 44 55 93  f9
3699 : ea 4a 5a 05 1f 05 19 36  cb
36a1 : fe 82 b1 02 1f 09 84 b2  3f
36a9 : 07 c4 19 44 55 8b b2 07  6c
36b1 : cb 1a 38 12 b1 d0 81 90  a2
36b9 : 11 94 90 a4 03 02 1f 09  9c
36c1 : 90 a4 05 d6 19 36 d4 90  77
36c9 : 14 82 b2 02 1f 07 bb d1  c8
36d1 : 19 3e e4 84 a6 c6 e4 06  13
36d9 : 84 b1 07 96 e4 06 84 a7  aa
36e1 : 01 00 0a 21 84 b1 07 a4  c4
36e9 : 06 a7 01 00 0a 21 05 1f  ff
36f1 : 07 bf d1 19 3e e4 84 b2  f2
36f9 : 07 c4 19 44 55 93 ea 52  73
3701 : 4c 05 1f 05 19 37 26 8b  33
3709 : b2 07 cb 1a 38 12 94 e9  af
3711 : 41 05 1f 07 b1 d1 19 3e  08
3719 : e4 84 a6 e7 e4 06 84 b1  da
3721 : 07 c4 19 44 55 93 ea 52  9b
3729 : 52 05 1f 05 19 37 4e 8b  02
3731 : b2 07 cb 1a 38 12 94 e9  d7
3739 : 41 05 1f 07 b1 d1 19 3e  30
3741 : e4 84 a6 77 e4 06 84 b1  f4
3749 : 07 c4 19 44 55 93 ea 44  a7
3751 : 42 05 1f 05 19 37 8f 8b  1f
3759 : b2 07 cb 1a 38 12 94 b1  8f
3761 : 34 e9 23 05 1f 07 e9 23  0b
3769 : 94 07 d4 b0 d1 1a 42 e4  8d
3771 : 91 b0 05 1f 05 19 3e e4  5b
3779 : 8a a6 ff 01 1f 07 b1 d1  0b
3781 : 19 3e e4 84 8a e4 06 84  74
3789 : b1 07 c4 19 44 55 93 ea  25
3791 : 44 57 05 1f 05 19 37 d8  4e
3799 : 8b b2 07 cb 1a 38 12 94  8d
37a1 : b1 34 e9 23 05 1f 07 e9  84
37a9 : 23 94 07 d4 b0 d1 1a 42  f9
37b1 : e4 91 b0 05 1f 05 19 3e  26
37b9 : e4 84 8a a7 01 00 0a 21  f1
37c1 : e4 06 84 b1 07 8a 84 a4  20
37c9 : 06 a7 01 00 09 08 e4 06  54
37d1 : 84 b2 07 c4 19 44 55 93  39
37d9 : e8 05 1f 05 19 37 e3 19  b9
37e1 : 44 55 b2 d1 19 3e e4 8d  e9
37e9 : 8b 8c 8b 08 b1 07 36 d3  72
37f1 : 93 2f d0 b1 ce 90 8e 11  54
37f9 : 93 b1 34 e9 20 05 1f 05  60
3801 : 19 38 11 93 93 2f b1 08  77
3809 : 35 d3 8b b1 07 cb 8e 14  72
3811 : 1d 8d 8b 8c 8b 08 b1 07  37
3819 : 36 d4 94 2f d0 b1 ce 90  bb
3821 : 8e 11 94 b1 34 e9 20 05  b0
3829 : 1f 05 19 38 3b 94 94 2f  21
3831 : b1 08 35 d4 8b b1 07 cb  c8
3839 : 8e 14 94 2f d0 b1 ce 90  d3
3841 : 8e 11 94 b1 35 e9 20 05  e0
3849 : 1f 05 19 38 57 94 94 2f  03
3851 : b1 08 34 d4 8e 14 1d 8d  c7
3859 : 8b 8c 8b 08 b1 07 36 d4  e4
3861 : 8b d6 94 2f d0 b1 ce 90  59
3869 : 8e 11 94 8e b1 36 e9 2c  43
3871 : 02 1f 05 19 38 79 8e 14  19
3879 : 94 8e b1 08 34 d4 8e cb  7d
3881 : 94 2f d0 b1 ce 90 8e 11  e5
3889 : 94 b1 34 e9 20 05 1f 05  f1
3891 : 19 38 9d 94 94 2f b1 08  5a
3899 : 35 d4 8e 14 94 2f d0 b1  c8
38a1 : ce 90 8e 11 94 b1 35 e9  fd
38a9 : 20 05 1f 05 19 38 b9 94  18
38b1 : 94 2f b1 08 34 d4 8e 14  97
38b9 : 8b 96 07 cb 1d b8 48 89  96
38c1 : 46 89 46 89 47 b0 d2 89  e7
38c9 : 2f b1 02 1f 05 89 32 d2  40
38d1 : b8 48 89 47 89 2f b1 02  d5
38d9 : 1f 0b 92 89 32 a7 01 00  b8
38e1 : 09 07 d2 e8 cd b8 48 89  16
38e9 : 47 89 2f b1 02 ab b0 02  3b
38f1 : 0c 1f 08 89 32 d6 19 3a  73
38f9 : a2 ab b0 02 1f 05 19 39  ce
3901 : fc 82 b1 02 1f 13 b2 c2  c6
```

Listing 1. Assembler »asm 48« zum 8748-Entwicklungssystem (Fortsetzung)

```
3909 : b8 61 88 b8 b8 b8 60 04  86
3911 : b8 48 89 46 89 47 1d b8  d1
3919 : 61 86 b0 01 1f 05 19 39  fb
3921 : 75 e7 18 13 11 11 11 11  f2
3929 : 11 11 11 11 11 11 11 11  29
3931 : 11 11 11 11 11 11 11 11  31
3939 : 11 11 11 3e 50 e7 0b 20  90
3941 : 20 20 48 45 58 46 49 4c  a2
3949 : 45 20 3c 88 53 88 e8 02  e0
3951 : 1f 05 19 39 75 88 ec 2c  08
3959 : 53 2c 57 07 c8 88 be b8  b6
3961 : be 60 04 b0 d0 a7 03 ff  bd
3969 : 90 11 be 42 90 a4 06 43  46
3971 : 90 14 be 61 83 b1 02 1f  f3
3979 : 05 19 39 ba e7 1a 13 11  6e
3981 : 11 11 11 11 11 11 11 11  81
3989 : 11 11 11 11 11 11 11 11  89
3991 : 11 11 11 11 11 11 11 11  91
3999 : 3e e7 12 41 53 53 45 4d  f7
39a1 : 42 4c 59 20 43 4f 4d 50  e8
39a9 : 4c 45 54 45 2c 3c 86 3c  8d
39b1 : ee 45 52 52 4f 52 53 3e  72
39b9 : 4f b1 44 b1 44 b1 42 e7  d3
39c1 : 16 20 20 20 20 41 53 53  f3
39c9 : 45 4d 42 4c 59 20 43 4f  11
39d1 : 4d 50 4c 45 54 45 2c 3c  9b
39d9 : 45 86 b0 02 1f 12 b1 42  9c
39e1 : e7 0a 20 4e 4f 20 45 52  4f
39e9 : 52 4f 52 53 43 4f b1 42  dc
39f1 : 86 3c ee 45 52 52 4f 52  93
39f9 : 53 43 4f 8d 2f cc e7 42  f1
3a01 : 13 11 11 11 11 11 11 11  03
3a09 : 11 11 11 11 11 20 20 20  dc
3a11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3a19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3a21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3a29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3a31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3a39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3a41 : 20 20 3e e7 43 13 11 11  31
3a49 : 11 11 11 11 11 11 11 11  49
3a51 : 11 11 11 20 20 20 20 20  f7
3a59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3a61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3a69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3a71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3a79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3a81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3a89 : 3e e7 0d 13 11 11 11 11  61
3a91 : 11 11 11 11 11 11 11 11  91
3a99 : 3c 92 3c e9 20 3c 8d 3e  01
3aa1 : 1d 96 a6 7f 01 96 a6 ca  98
3aa9 : 04 0c 1f 05 19 3a b7 8d  79
3ab1 : 89 07 cd 19 38 e6 96 a6  b7
3ab9 : 87 01 1f 05 19 3b 2e 96  7b
3ac1 : a6 7f 08 1b 12 3a d6 3a  4f
3ac9 : e0 3a ea 3a f5 3b 00 3b  78
3ad1 : 0d 3b 19 3b 23 8d eb 45  02
3ad9 : 4e 44 07 cd 19 38 e6 8d  cf
3ae1 : eb 46 4f 52 07 cd 19 38  c1
3ae9 : e6 8d ec 4e 45 58 54 07  11
3af1 : cd 19 38 e6 8d ec 44 41  0a
3af9 : 54 41 07 cd 19 38 e6 8d  73
3b01 : ee 49 4e 50 55 54 23 07  c4
3b09 : cd 19 38 e6 8d ed 49 4e  58
3b11 : 50 55 54 07 cd 19 38 e6  56
3b19 : 8d eb 44 49 4d 07 cd 19  4d
3b21 : 38 e6 8d ec 52 45 41 44  aa
3b29 : 07 cd 19 38 e6 96 a6 8f  41
3b31 : 01 1f 05 19 3b a6 96 a6  b7
3b39 : 87 08 1b 12 3b 4d 3b 57  87
3b41 : 3b 62 3b 6c 3b 75 3b 83  5d
3b49 : 3b 8f 3b 9c 8d eb 4c 45  a2
3b51 : 54 07 cd 19 38 e6 8d ec  8a
3b59 : 47 4f 54 4f 07 cd 19 38  fb
3b61 : e6 8d eb 52 55 4e 07 cd  d2
3b69 : 19 38 e6 8d ea 49 46 07  2a
3b71 : cd 19 38 e6 8d ef 52 45  e2
3b79 : 53 54 4f 52 45 07 cd 19  0a
3b81 : 38 e6 8d ed 47 4f 53 55  34
3b89 : 42 07 cd 19 38 e6 8d ee  b4
3b91 : 52 45 54 55 52 4e 07 cd  95
3b99 : 19 38 e6 8d eb 52 45 4d  3b
3ba1 : 07 cd 19 38 e6 96 a6 97  c9
3ba9 : 01 1f 05 19 3c 1c 96 a6  eb
3bb1 : 8f 08 1b 12 3b c5 3b d0  be
3bb9 : 3b d9 3b e4 3b ef 3b fa  62
3bc1 : 3c 07 3c 11 8d ec 53 54  e8
3bc9 : 4f 50 07 cd 19 38 e6 8d  c6
3bd1 : ea 4f 4e 07 cd 19 38 e6  2c
3bd9 : 8d ec 57 41 49 54 07 cd  c9
3be1 : 19 38 e6 8d ec 4c 4f 41  72
3be9 : 44 07 cd 19 38 e6 8d ec  12
3bf1 : 53 41 56 45 07 cd 19 38  d7
3bf9 : e6 8d ee 56 45 52 49 46  c5
3c01 : 59 07 cd 19 38 e6 8d eb  3d
3c09 : 44 45 46 07 cd 19 38 e6  b7
3c11 : 8d ec 50 4f 4b 45 07 cd  a9
3c19 : 19 38 e6 96 a6 9f 01 1f  84
3c21 : 05 19 3c 93 96 a6 97 08  41
3c29 : 1b 12 3c 3b 3c 48 3c 54  63
3c31 : 3c 5f 3c 6a 3c 74 3c 7e  cf
3c39 : 3c 88 8d ee 50 52 49 4e  54
3c41 : 54 23 07 cd 19 38 e6 8d  ac
3c49 : ed 50 52 49 4e 54 07 cd  5b
3c51 : 19 38 e6 8d ec 43 4f 4e  b4
3c59 : 54 07 cd 19 38 e6 8d ec  92
3c61 : 4c 49 53 54 07 cd 19 38  65
3c69 : e6 8d eb 43 4c 52 07 cd  88
3c71 : 19 38 e6 8d eb 43 4d 44  a8
3c79 : 07 cd 19 38 e6 8d eb 53  e5
3c81 : 59 53 07 cd 19 38 e6 8d  09
3c89 : ec 4f 50 45 4e 07 cd 19  60
3c91 : 38 e6 96 a6 a7 01 1f 05  c0
3c99 : 19 3d 05 96 a6 9f 08 1b  23
3ca1 : 12 3c b2 3c be 3c c8 3c  6f
3ca9 : d2 3c dd 3c e6 3c ef 3c  21
3cb1 : fa 8d ed 43 4c 4f 53 45  6d
3cb9 : 07 cd 19 38 e6 8d eb 47  0d
3cc1 : 45 54 07 cd 19 38 e6 8d  b6
3cc9 : eb 4e 45 57 07 cd 19 38  cb
3cd1 : e6 8d ec 54 41 42 28 07  18
3cd9 : cd 19 38 e6 8d ea 54 4f  3e
3ce1 : 07 cd 19 38 e6 8d ea 46  2f
3ce9 : 4e 07 cd 19 38 e6 8d ec  1c
3cf1 : 53 50 43 28 07 cd 19 38  f6
3cf9 : e6 8d ec 54 48 45 4e 07  61
3d01 : cd 19 38 e6 96 a6 af 01  a5
3d09 : 1f 05 19 3d 6b 96 a6 a7  ee
3d11 : 08 1b 12 3d 24 3d 2e 3d  32
3d19 : 39 3d 41 3d 49 3d 51 3d  27
3d21 : 59 3d 61 8d eb 4e 4f 54  3a
3d29 : 07 cd 19 38 e6 8d ec 53  99
3d31 : 54 45 50 07 cd 19 38 e6  71
3d39 : 8d e9 2b 07 cd 19 38 e6  bb
3d41 : 8d e9 2d 07 cd 19 38 e6  43
3d49 : 8d e9 2a 07 cd 19 38 e6  8b
3d51 : 8d e9 2f 07 cd 19 38 e6  d4
3d59 : 8d e9 5e 07 cd 19 38 e6  a8
3d61 : 8d eb 41 4e 44 07 cd 19  e4
3d69 : 38 e6 96 a6 b3 01 1f 05  58
3d71 : 19 3d a3 96 a6 af 08 1b  23
3d79 : 0a 3d 82 3d 8b 3d 93 3d  d5
3d81 : 9b 8d ea 4f 52 07 cd 19  4e
3d89 : 38 e6 8d e9 3c 07 cd 19  3a
3d91 : 38 e6 8d e9 3d 07 cd 19  52
3d99 : 38 e6 8d e9 3e 07 cd 19  6a
3da1 : 38 e6 96 a6 bb 01 1f 05  11
3da9 : 19 3e 12 96 a6 b3 08 1b  97
3db1 : 12 3d c2 3d cc 3d d6 3d  47
3db9 : e0 3d ea 3d f4 3d fe 3e  4c
3dc1 : 08 8d eb 53 47 4e 07 cd  94
3dc9 : 19 38 e6 8d eb 49 4e 54  54
3dd1 : 07 cd 19 38 e6 8d eb 41  19
3dd9 : 42 53 07 cd 19 38 e6 8d  4a
3de1 : eb 55 53 52 07 cd 19 38  4a
3de9 : e6 8d eb 46 52 45 07 cd  60
3df1 : 19 38 e6 8d eb 50 4f 53  b7
3df9 : 07 cd 19 38 e6 8d eb 53  65
3e01 : 51 52 07 cd 19 38 e6 8d  01
3e09 : eb 52 4e 44 07 cd 19 38  ed
3e11 : e6 96 a6 c3 01 1f 05 19  b4
3e19 : 3e 82 96 a6 bb 08 1b 12  9f
3e21 : 3e 31 3e 3b 3e 45 3e 4f  94
3e29 : 3e 59 3e 63 3e 6d 3e 78  49
3e31 : 8d eb 4c 4f 47 07 cd 19  c7
3e39 : 38 e6 8d eb 45 58 50 07  2b
3e41 : cd 19 38 e6 8d eb 43 4f  6a
3e49 : 53 07 cd 19 38 e6 8d eb  7f
3e51 : 53 49 4e 07 cd 19 38 e6  12
3e59 : 8d eb 54 41 4e 07 cd 19  a0
3e61 : 38 e6 8d eb 41 54 4e 07  eb
3e69 : cd 19 38 e6 8d ec 50 45  ba
3e71 : 45 4b 07 cd 19 38 e6 8d  e1
3e79 : eb 4c 45 4e 07 cd 19 38  59
3e81 : e6 96 a6 c3 08 1b 10 3e  ea
3e89 : 96 3e a1 3e ab 3e b5 3e  6e
3e91 : c0 3e cc 3e d9 8d ec 53  d0
3e99 : 54 52 24 07 cd 19 38 e6  55
3ea1 : 8d eb 56 41 4c 07 cd 19  48
3ea9 : 38 e6 8d eb 41 53 43 07  ff
3eb1 : cd 19 38 e6 8d ec 43 48  d4
3eb9 : 52 24 07 cd 19 38 e6 8d  a3
3ec1 : ed 4c 45 46 54 24 07 cd  0d
3ec9 : 19 38 e6 8d ee 52 49 47  9f
3ed1 : 48 54 24 07 cd 19 38 e6  82
3ed9 : 8d ec 4d 49 44 24 07 cd  76
3ee1 : 19 38 e6 e7 3f 13 11 11  c0
3ee9 : 11 11 11 11 11 11 11 11  e9
3ef1 : 11 11 11 11 11 11 11 20  0f
3ef9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3f01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3f09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3f11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3f19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3f21 : 20 20 20 20 3c e7 3f 20  9e
3f29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3f31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3f39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3f41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3f49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3f51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3f59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3f61 : 20 20 20 20 20 20 3c e7  61
3f69 : 13 13 11 11 11 11 11 11  6c
3f71 : 11 11 11 11 11 11 11 11  71
3f79 : 11 11 11 28 3c 92 3c e9  79
3f81 : 29 3d ed 45 52 52 4f 52  06
3f89 : 3c 91 a6 64 07 3c 91 ba  d2
3f91 : 01 1f 05 19 40 42 91 1b  19
3f99 : 16 3f ae 3f c6 3f e1 3f  4f
3fa1 : e8 3f ef 40 08 40 26 40  c8
3fa9 : 2d 40 34 40 3b e7 12 20  87
3fb1 : 20 49 4c 4c 45 47 41 4c  3f
3fb9 : 20 41 52 47 55 4d 45 4e  69
3fc1 : 54 3e 19 41 14 e7 15 20  b8
3fc9 : 20 49 4c 4c 45 47 41 4c  57
3fd1 : 20 49 4e 53 54 52 55 43  48
3fd9 : 54 49 4f 4e 3e 19 41 14  49
3fe1 : ea 20 20 3e 19 41 14 ea  6d
3fe9 : 20 20 3e 19 41 14 e7 13  47
3ff1 : 20 20 42 41 44 20 43 4f  cb
3ff9 : 4e 53 54 41 4e 54 20 54  df
4001 : 59 50 45 3e 19 41 14 e7  57
4009 : 18 20 20 42 59 54 45 20  0f
4011 : 43 4f 4e 53 54 41 4e 54  2b
4019 : 20 45 58 50 45 43 54 45  46
4021 : 44 3e 19 41 14 ea 20 20  4c
4029 : 3e 19 41 14 ea 20 20 3e  73
4031 : 19 41 14 ea 20 20 3e 19  7b
4039 : 41 14 ea 20 20 3e 19 41  1e
4041 : 14 91 ba 08 1b 16 40 5b  e8
4049 : 40 73 40 95 40 9c 40 a3  37
4051 : 40 c4 40 e4 40 ff 41 06  b5
4059 : 41 0d e7 12 20 20 55 4e  52
4061 : 44 45 43 4c 41 52 45 44  e6
4069 : 20 4c 41 42 45 4c 3e 19  2a
4071 : 41 14 e7 1c 20 20 4d 55  1d
4079 : 4c 54 49 50 4c 45 20 4c  54
4081 : 41 42 45 4c 20 44 45 43  7e
4089 : 4c 41 52 41 54 49 4f 4e  9c
4091 : 3e 19 41 14 ea 20 20 3e  db
4099 : 19 41 14 ea 20 20 3e 19  e3
40a1 : 41 14 e7 1b 20 20 49 4c  0a
40a9 : 4c 45 47 41 4c 20 4a 55  2b
40b1 : 4d 50 20 54 4f 20 4e 45  73
40b9 : 58 54 20 50 41 47 45 3e  2d
40c1 : 19 41 14 e7 1a 20 20 49  33
40c9 : 4c 4c 45 47 41 4c 20 4a  01
40d1 : 55 4d 50 20 44 45 53 54  49
40d9 : 49 4e 41 54 49 4f 4e 3e  e9
40e1 : 19 41 14 e7 15 20 20 4f  0e
40e9 : 55 54 20 4f 46 20 4d 45  7f
40f1 : 4d 4f 52 59 20 53 50 41  06
40f9 : 43 45 3e 19 41 14 ea 20  32
4101 : 20 3e 19 41 14 ea 20 20  08
4109 : 3e 19 41 14 ea 20 20 3e  53
4111 : 19 41 14 80 b0 02 1f 05  82
4119 : 19 41 2a 89 47 89 e9 20  37
4121 : 02 1f 05 19 41 2a 19 41  64
4129 : 1c 86 b1 07 c6 19 44 55  c7
4131 : 91 ba 01 1f 05 19 41 fd  5e
4139 : 91 1b 16 41 50 41 6a 41  41
4141 : 8c 41 95 41 9e 41 b9 41  59
4149 : d9 41 e2 41 eb 41 f4 b1  a4
4151 : 42 e7 12 20 20 49 4c 4c  26
4159 : 45 47 41 4c 20 41 52 47  00
4161 : 55 4d 45 4e 54 43 19 42  c0
4169 : e3 b1 42 e7 1a 20 20 49  68
4171 : 4c 4c 45 47 41 4c 20 49  a7
4179 : 4e 53 54 52 55 43 54 49  24
4181 : 4f 4e 20 4e 41 4d 45 43  e3
4189 : 19 42 e3 b1 42 ea 20 20  2f
4191 : 43 19 42 e3 b1 42 ea 20  87
4199 : 20 43 19 42 e3 b1 42 e7  8e
41a1 : 13 20 20 42 41 44 20 43  52
```

```
41a9 : 4f 4e 53 54 41 4e 54 20  97
41b1 : 54 59 50 45 43 19 42 e3  3c
41b9 : b1 42 e7 18 20 20 42 59  47
41c1 : 54 45 20 43 4f 4e 53 54  86
41c9 : 41 4e 54 20 45 58 50 45  2d
41d1 : 43 54 45 44 43 19 42 e3  e6
41d9 : b1 42 ea 20 20 43 19 42  6f
41e1 : e3 b1 42 ea 20 20 43 19  cd
41e9 : 42 e3 b1 42 ea 20 20 43  88
41f1 : 19 42 e3 b1 42 ea 20 20  97
41f9 : 43 19 42 e3 91 ba 08 1b  1b
4201 : 16 42 16 42 30 42 54 42  f1
4209 : 5d 42 66 42 89 42 ab 42  47
4211 : c8 42 d1 42 da b1 42 e7  cb
4219 : 12 20 20 55 4e 44 45 43  91
4221 : 4c 41 52 45 44 20 4c 41  44
4229 : 42 45 4c 43 19 42 e3 b1  20
4231 : 42 e7 1c 20 20 4d 55 4c  cc
4239 : 54 49 50 4c 45 20 4c 41  d9
4241 : 42 45 4c 20 44 45 43 4c  51
4249 : 41 52 41 54 49 4f 4e 43  5d
4251 : 19 42 e3 b1 42 ea 20 20  f7
4259 : 43 19 42 e3 b1 42 ea 20  4f
4261 : 20 43 19 42 e3 b1 42 e7  56
4269 : 1b 20 20 49 4c 4c 45 47  90
4271 : 41 4c 20 4a 55 4d 50 20  6b
4279 : 54 4f 20 4e 45 58 54 20  ef
4281 : 50 41 47 45 43 19 42 e3  ba
4289 : b1 42 e7 1a 20 20 49 4c  59
4291 : 4c 45 47 41 4c 20 4a 55  13
4299 : 4d 50 20 44 45 53 54 49  72
42a1 : 4e 41 54 49 4f 4e 43 19  75
42a9 : 42 e3 b1 42 e7 15 20 20  79
42b1 : 4f 55 54 20 4f 46 20 4d  06
42b9 : 45 4d 4f 52 59 20 53 50  47
42c1 : 41 43 45 43 19 42 e3 b1  f4
42c9 : 42 ea 20 20 43 19 42 e3  5a
42d1 : b1 42 ea 20 20 43 19 42  67
42d9 : e3 b1 42 ea 20 20 43 19  c5
42e1 : 42 e3 1d 94 94 2f b1 08  88
42e9 : 35 d7 97 b1 34 31 ca 8a  33
42f1 : b0 01 8a ba 04 0c 97 b1  7e
42f9 : 34 e9 30 02 0d 1f 05 19  7e
4301 : 43 08 b5 d1 19 44 1c 97  43
4309 : b1 35 31 ca 97 b1 35 d8  88
4311 : 8a b0 01 8a ba 04 0c 98  b2
4319 : e9 30 02 0d 98 e9 44 02  2a
4321 : 0d 1f 05 19 43 37 97 b1  d2
4329 : 35 e9 48 02 1f 05 19 43  aa
4331 : 6e b5 d1 19 44 1c 97 b1  f8
4339 : 35 e9 44 02 1f 09 97 97  7c
4341 : 2f b1 08 34 d7 b1 d0 97  4f
4349 : 2f 90 11 97 90 b1 36 31  c9
4351 : ca 8a b1 04 8a b9 01 0d  e2
4359 : 97 90 b1 36 e9 30 05 0c  b8
4361 : 1f 07 b5 d1 19 44 1c 90  f1
4369 : 14 97 31 ca 1d b0 ca 97  a0
4371 : 2f cf 97 8f b1 08 34 d7  3b
4379 : 97 2f cf b0 d0 8f b1 08  12
4381 : 90 11 97 8f 90 08 b1 36  ee
4389 : 31 d9 97 8f 90 08 b1 36  fb
4391 : da 99 b0 01 99 ba 04 0c  1c
4399 : 1f 0d 8a 99 f0 90 0b 09  e6
43a1 : 07 ca 19 44 1a 9a e9 41  7d
43a9 : 02 1f 0d 8a ba f0 90 0b  5b
43b1 : 09 07 ca 19 44 1a 9a e9  67
43b9 : 42 02 1f 0d 8a bb f0 90  d1
43c1 : 0b 09 07 ca 19 44 1a 9a  bd
43c9 : e9 43 02 1f 0d 8a bc f0  b2
43d1 : 90 0b 09 07 ca 19 44 1a  c5
43d9 : 9a e9 44 02 1f 0d 8a bd  b9
43e1 : f0 90 0b 09 07 ca 19 44  b1
43e9 : 1a 9a e9 45 02 1f 0d 8a  d6
43f1 : be f0 90 0b 09 07 ca 19  d3
43f9 : 44 1a 9a e9 46 02 1f 0d  39
4401 : 8a bf f0 90 0b 09 07 ca  64
4409 : 19 44 1a 9a e9 30 02 1f  85
4411 : 05 19 44 1a b5 d1 19 44  ce
4419 : 1c 90 14 1d 8a f0 0a 21  c1
4421 : db 8a 9b f0 09 08 dc e7  5a
4429 : 10 30 31 32 33 34 35 36  fa
4431 : 37 38 39 41 42 43 44 45  d5
4439 : 46 dd 9d 9b b1 07 b1 36  cf
4441 : 9d 9c b1 07 b1 36 07 d7  12
4449 : 97 2f b1 02 1f 07 e9 30  57
4451 : 97 07 d7 1d 82 b1 02 1f  01
4459 : 05 19 18 69 83 b0 02 1f  22
4461 : 05 19 45 76 92 30 de 9e  76
4469 : 2f b5 04 1f 07 e9 20 9e  d5
4471 : 07 de ea 20 20 df b1 42  f2
4479 : 9e 3c 45 84 85 08 b2 05  85
4481 : 1f 05 19 44 ca 85 ca 8a  0b
4489 : a7 01 00 0a 21 d6 8a 96  12
4491 : a7 01 00 09 08 ca 1a 44  a2
4499 : 1d 9f e9 30 07 96 30 b1  50
44a1 : 35 07 97 07 df 85 a4 06  e9
44a9 : ca 1a 44 1d 9f e9 [illegible] 07  0d
44b1 : 97 07 df 85 b1 07 a4 06  66
44b9 : ca 1a 44 1d 9f 97 07 ea  ee
44c1 : 20 20 07 df b1 42 9f 3c  d3
44c9 : 45 84 85 08 b1 05 1f 05  7c
44d1 : 19 45 0d 85 ca 8a a7 01  22
44d9 : 00 0a 21 d6 8a 96 a7 01  ff
44e1 : 00 09 08 ca 1a 44 1d 9f  39
44e9 : e9 30 07 96 30 b1 35 07  f2
44f1 : 97 07 df 85 a4 06 ca 1a  8e
44f9 : 44 1d 9f e9 20 07 97 07  98
4501 : ec 20 20 20 20 07 df b1  27
4509 : 42 9f 3c 45 85 84 02 1f  95
4511 : 15 b1 42 e7 0d 20 20 20  1f
4519 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
4521 : 20 20 3c 45 b1 42 8d 43  f3
4529 : 86 87 01 1f 1c b1 42 e9  c3
4531 : 28 3c 92 3c e9 29 3d ed  5c
4539 : 45 52 52 4f 52 3c 91 a6  c0
4541 : 64 07 3c 45 1a 41 31 b1  b4
4549 : d0 81 90 11 90 a4 04 92  83
4551 : 02 1f 1e bc d1 b1 42 e9  89
4559 : 28 3c 92 3c e9 29 3d ed  84
4561 : 45 52 52 4f 52 3c 91 a6  e8
4569 : 64 07 3c 45 1a 41 31 90  9a
4571 : 14 84 c5 86 c7 ab b0 05  b0
4579 : 82 b2 02 0c 1f 03 4f 19  d0
4581 : 18 69 4f 52 54 00 00 00  b1
4589 : 00 00 4c 4e 00 00 00 00  66
4591 : 00 4c 43 00 00 00 00 00  88
4599 : 50 52 00 00 00 00 00 43  99
45a1 : 41 00 00 00 00 00 4f 43  a6
45a9 : 00 00 00 00 00 46 53 00  29
45b1 : 00 00 00 00 4f 46 00 00  d9
45b9 : 00 00 00 46 c9 00 00 00  1f
45c1 : 00 00 41 80 00 00 00 00  22
45c9 : 00 57 52 00 00 00 00 00  0a
45d1 : 43 48 00 00 00 00 00 5a  ed
45d9 : 45 00 00 00 00 00 5a c9  1b
45e1 : 00 00 00 00 00 43 4f 00  39
45e9 : 00 00 00 00 4c 00 00 00  ae
45f1 : 00 00 00 49 00 00 00 00  1b
45f9 : 00 00 46 45 00 00 00 00  34
4601 : 00 5a 4e 00 00 00 00 00  c2
4609 : 49 ce 00 00 00 00 00 41  3c
4611 : d4 00 00 00 00 00 43 44  7b
4619 : 00 00 00 00 00 41 00 00  24
4621 : 00 00 00 00 57 d2 00 00  2e
4629 : 00 00 00 42 80 00 00 00  7a
4631 : 00 00 57 00 00 00 00 00  07
4639 : 00 57 80 00 00 00 00 00  05
4641 : 48 42 00 00 00 00 00 4c  43
4649 : 42 00 00 00 00 00 48 80  ae
4651 : 00 00 00 00 00 5a ce 00  60
4659 : 00 00 00 00 4f d5 00 00  fd
4661 : 00 00 00 00 00 00 00 00  62
```

Listing 1. Assembler »asm 48« zum 8748-Entwicklungssystem (Schluß)

```
Name : pp8748               0801 2348
-------------------------------------
0801 : 1a 08 01 00 9e 32 30 37  0a
0809 : 36 20 4d 43 44 53 2d 34  07
0811 : 38 20 50 50 52 20 20 20  5e
0819 : 00 00 00 4c 41 0b 4c b5  ac
0821 : 0c 66 09 76 09 3b 16 24  7d
0829 : 14 17 14 c0 14 c3 14 32  fa
0831 : 0b 55 0b ee 11 15 12 73  70
0839 : 15 66 15 48 15 48 15 80  b9
0841 : 15 4f 0b a9 15 ff 10 ee  65
0849 : 10 dc 10 cd 10 cd 10 26  81
0851 : 11 cd 10 cd 10 cd 10 cd  52
0859 : 10 cd 10 cd 10 cd 10 cd  59
0861 : 10 1e 11 2d 11 33 11 cd  f5
0869 : 10 c1 10 47 11 c2 11 c2  38
0871 : 11 ba 11 c2 15 f5 15 90  f2
0879 : 15 be 0c ab 12 6a 12 6a  f7
0881 : 12 6a 12 d9 12 bb 12 bb  47
0889 : 12 ea 12 6a 12 ea 12 e2  69
0891 : 12 62 11 62 11 57 11 ab  cc
0899 : 0c 2b 12 2b 12 ee 11 ee  e0
08a1 : 11 ae 0c b1 0c 1a 13 55  cb
08a9 : 13 55 13 25 13 d0 13 25  1f
08b1 : 13 25 13 55 13 55 13 05  f9
08b9 : 13 0e 13 08 13 11 13 d9  53
08c1 : 16 de 16 da 16 46 17 fa  0d
08c9 : 12 7b 17 7b 17 7b 17 7e  75
08d1 : 17 7b 17 7b 17 7b 17 7b  7c
08d9 : 17 7b 17 7b 17 7b 17 78  7e
08e1 : 17 7b 17 7b 17 81 17 27  13
08e9 : 03 00 00 10 e8 64 0a 6a  9d
08f1 : 53 2b 12 7b b8 b8 ba bb  81
08f9 : bf a0 01 2c a0 02 a9 20  cf
0901 : 24 64 10 05 20 72 0c a9  15
0909 : 2d 99 fe 00 84 71 a2 00  21
0911 : 86 62 a5 64 d0 06 a5 65  5d
0919 : f0 46 a2 02 bd e8 08 85  63
0921 : 22 bd ec 08 85 23 a0 ff  52
0929 : 38 c8 a5 65 e5 23 85 65  34
0931 : a5 64 e5 22 85 64 b0 f1  e8
0939 : a5 65 65 23 85 65 a5 64  31
0941 : 65 22 85 64 a5 62 d0 05  60
0949 : 98 f0 0c e6 62 98 09 30  a9
0951 : a4 71 99 ff 00 e6 71 e8  e3
0959 : e0 04 90 c0 a4 71 a5 65  af
0961 : 09 30 4c 04 bf a5 0e 10  97
0969 : 06 20 72 0c 4c be 0c 20  c9
0971 : b4 bf 4c be 0c a5 0e 30  76
0979 : 03 20 1b 10 a5 64 49 ff  f8
0981 : 85 64 a5 65 49 ff 85 65  c4
0989 : 4c be 0c a0 00 b1 6f 18  c7
0991 : 71 64 90 03 4c 58 b6 20  5b
0999 : 75 b4 20 7a b6 a4 51 d0  37
09a1 : 05 a5 50 20 db b6 a0 02  8b
09a9 : b1 50 85 23 88 b1 50 85  aa
09b1 : 22 88 b1 50 20 8c b6 a4  18
09b9 : 70 d0 05 a5 6f 20 db b6  5c
09c1 : 4c ca b4 c0 07 b0 c4 a4  0a
09c9 : 65 d0 03 20 b4 0b a5 6f  74
09d1 : a4 70 20 aa b6 86 6c 84  65
09d9 : 6d a0 02 aa 38 e5 61 f0  86
09e1 : 08 a0 04 90 04 a0 01 a6  e3
09e9 : 61 84 66 a0 ff e8 c8 ca  3a
09f1 : d0 04 a5 66 10 0c b1 6c  fa
09f9 : d1 62 f0 f2 a9 01 b0 02  ff
0a01 : a9 04 25 3c f0 02 a9 ff  43
0a09 : aa 4c 63 0e a5 6e 09 7f  65
0a11 : 25 6a 85 6a a9 69 a0 00  82
0a19 : 20 5b bc 18 aa e8 d0 01  50
0a21 : 38 8a 2a 10 dd c0 0a 90  58
0a29 : 58 c0 0c b0 76 8a 10 2f  55
0a31 : a0 00 84 69 84 6a 84 6b  a4
0a39 : 84 6e a2 90 20 fa 0a a5  fc
0a41 : 6c d0 08 a2 88 a5 6d f0  b9
0a49 : 16 84 6d 30 06 ca 06 6d  ac
0a51 : 2a 10 fa 85 6a a5 6d 85  87
0a59 : 6b 86 69 84 6c 84 6d a5  de
0a61 : 0e 10 03 20 85 10 a4 3c  20
0a69 : c0 07 90 a0 b9 e9 08 85  fb
0a71 : 55 b9 ee 08 85 56 a5 6e  de
0a79 : 45 66 85 6f a5 61 6c 55  02
0a81 : 00 e4 0e d0 12 8a 10 de  04
0a89 : a5 3c c9 07 b0 06 20 13  81
0a91 : 0b 4c 1c 0a 4c c5 0b 8a  3f
0a99 : 10 c5 20 ae 0f a5 0e 10  e0
0aa1 : 8f 30 e5 8a 30 03 20 ce  4c
```

Listing 2. Steuersoftware für das Programmiergerät zum 8748-Ein-Chip-Mikrocomputer

```
0aa9 : 0a a5 0e 30 03 20 1b 10  cd
0ab1 : 46 3c b0 0c a5 6c 25 64  de
0ab9 : 85 64 a5 6d 25 65 90 0a  5b
0ac1 : a5 6c 05 64 85 64 a5 6d  57
0ac9 : 05 65 85 65 60 a5 69 30  c8
0ad1 : 06 a9 00 85 6b f0 11 38  50
0ad9 : e9 90 30 03 4c 48 b2 aa  9e
0ae1 : a5 6a 4a 66 6b e8 d0 fa  52
0ae9 : 06 6e 90 02 49 ff 85 6c  0e
0af1 : a5 6b 90 02 49 ff 85 6d  36
0af9 : 60 a5 6c 10 14 85 6e a5  bb
0b01 : 6c 49 ff 85 6c a5 6d 49  ff
0b09 : ff 85 6d e6 6d d0 02 e6  36
0b11 : 6c 60 a2 00 a5 6c c5 64  f4
0b19 : d0 06 a5 6d c5 65 f0 0b  65
0b21 : ca a5 6c 45 64 30 06 b0  c3
0b29 : 02 a2 01 8a 60 b0 fa 90  a7
0b31 : fa 20 60 0b a5 39 85 50  90
0b39 : a5 3a 85 51 a0 06 d0 05  0e
0b41 : 20 96 0b a0 0a b9 84 17  32
0b49 : be 85 17 4c 79 15 20 a5  25
0b51 : 0b 4c 9e 0c a5 50 85 39  11
0b59 : a5 51 85 3a 4c 9e 0c a2  7f
0b61 : 05 bd 84 17 95 2d ca 10  57
0b69 : f8 a6 2e 86 60 85 5f e4  8a
0b71 : 30 d0 04 c5 2f f0 13 a0  cb
0b79 : 01 a9 00 c8 91 5f c0 06  8b
0b81 : d0 f9 98 65 5f 90 e6 e8  08
0b89 : b0 e1 a5 37 a4 38 85 33  03
0b91 : 84 34 20 e7 ff 68 a8 68  eb
0b99 : a2 f8 9a 48 98 48 a9 00  d9
0ba1 : 85 3b 85 11 ad 8c 17 85  ee
0ba9 : 41 ad 8d 17 85 42 60 a4  3c
0bb1 : 65 d0 0e a5 64 20 db b6  db
0bb9 : a6 62 a4 63 a5 61 4c c3  44
0bc1 : b6 a5 61 60 f0 10 4a b0  c8
0bc9 : 45 38 a5 6d e5 65 aa a5  c1
0bd1 : 6c e5 64 4c e1 0b 18 a5  f5
0bd9 : 6d 65 65 aa a5 6c 65 64  c4
0be1 : 85 64 86 65 70 01 60 a2  bc
0be9 : 00 86 62 86 63 86 66 90  bb
0bf1 : 05 c6 66 20 72 0c a9 00  25
0bf9 : 85 0e 85 70 4c db bc a5  d7
0c01 : 62 05 63 d0 f1 a5 64 30  17
0c09 : ed a5 66 30 64 60 a5 64  11
0c11 : 45 6c 85 66 a5 64 10 03  7e
0c19 : 20 72 0c 20 fa 0a a5 64  d9
0c21 : a6 65 c5 6c 90 0a a4 6c  3d
0c29 : 85 6c a5 6d 86 6d aa 98  ab
0c31 : 85 28 86 29 a9 00 85 62  07
0c39 : 85 63 85 64 85 65 85 6a  cc
0c41 : 85 6b a5 28 05 29 f0 b7  b7
0c49 : 46 28 66 29 90 19 18 a5  e0
0c51 : 65 65 6d 85 65 a5 64 65  55
0c59 : 6c 85 64 a5 63 65 6b 85  70
0c61 : 63 a5 62 65 6a 85 62 06  44
0c69 : 6d 26 6c 26 6b 26 6a 90  7c
0c71 : d1 a5 64 49 ff 85 64 a5  60
0c79 : 65 49 ff 85 65 e6 65 d0  f8
0c81 : 02 e6 64 60 a5 39 a6 3a  4f
0c89 : 85 7a 86 7b 85 3d 86 3e  35
0c91 : 4c e1 a7 68 68 a5 7a a6  b0
0c99 : 7b 85 39 86 3a 24 11 50  a0
0ca1 : 18 a5 91 c9 7f d0 12 20  30
0ca9 : b7 ab 38 b0 04 20 44 a6  fa
0cb1 : 18 20 41 a8 68 68 20 68  5a
0cb9 : a8 a0 00 84 3b e6 39 d0  b3
0cc1 : 0b f0 07 18 65 39 85 39  b2
0cc9 : 90 02 e6 3a a0 00 b1 39  9e
0cd1 : 85 3c 30 47 f0 ae c9 0e  31
0cd9 : 90 10 0a aa bd 06 08 85  80
0ce1 : 55 bd 07 08 85 56 c8 6c  df
0ce9 : 55 00 a8 68 aa 30 0e d0  7b
0cf1 : 18 68 85 6e 68 85 69 68  96
0cf9 : 85 6a 68 85 6b 68 85 6c  67
0d01 : 68 85 6d 20 26 0a 4c be  ed
0d09 : 0c 68 85 6f 68 85 70 20  4d
0d11 : c4 09 4c be 0c 20 e0 a9  dd
0d19 : 4c 9e 0c c9 e6 b0 0a 24  55
0d21 : 3c 50 08 a6 0e 86 0c 70  82
0d29 : 27 f0 ea a6 3b f0 1f a5  5b
0d31 : 0e d0 03 20 ae 0f a5 65  31
0d39 : 48 a5 64 48 a6 0e d0 0c  ac
0d41 : a5 63 48 a5 62 48 a5 61  20
0d49 : 48 a5 66 48 8a 48 a0 01  76
0d51 : 84 3b a0 01 a2 00 a5 3c  f4
0d59 : 29 3f c9 20 b0 0a 85 47  98
0d61 : 0a 0a 0a 38 e5 47 b0 3d  d0
0d69 : c9 26 b0 59 c9 24 90 03  a3
0d71 : 4c 6f 0e 29 03 c9 03 90  c9
0d79 : 08 b1 39 e6 39 d0 02 e6  75
0d81 : 3a aa b1 39 e6 39 d0 02  23
0d89 : e6 3a 86 48 85 47 86 60  a4
0d91 : 0a 26 60 0a 26 60 0a 26  e2
0d99 : 60 38 e5 47 85 5f a5 60  22
0da1 : e5 48 aa a5 5f 18 65 2d  b0
0da9 : 85 5f 8a 65 2e 85 60 aa  13
0db1 : a5 5f 69 02 90 01 e8 85  60
0db9 : 47 86 48 85 49 86 4a 20  38
0dc1 : 4c 0f 4c be 0c 24 3c c9  e6
0dc9 : 30 90 0c 29 0f 50 02 09  f7
0dd1 : 10 20 63 0e 4c be 0c 70  58
0dd9 : 33 c9 2a b0 29 c9 27 90  30
0de1 : 06 d0 0e b1 39 aa c8 b1  79
0de9 : 39 20 63 0e c8 98 4c c4  d9
0df1 : 0c a5 39 69 00 a4 3a 90  7b
0df9 : 01 c8 20 a2 bb 84 0d 84  d8
0e01 : 0e a9 06 4c c4 0c 20 37  8b
0e09 : 0e 4c be 0c c9 28 90 04  97
0e11 : 29 07 10 08 b1 39 e6 39  b6
0e19 : d0 02 e6 3a 85 61 84 0e  7d
0e21 : e6 39 d0 02 e6 3a a5 39  61
0e29 : 85 62 a5 3a 85 63 20 ca  19
0e31 : b4 a5 61 4c c4 0c 86 0d  7b
0e39 : 86 0e d0 07 a9 a8 a0 ae  9b
0e41 : 4c a2 bb c9 2e 90 0a 84  9f
0e49 : 0e d0 03 4c 08 af 4c 48  c9
0e51 : af c9 2c 90 08 d0 03 4c  ae
0e59 : 7b af 4c 08 af a5 90 10  4a
0e61 : 01 ca 86 64 85 65 a9 80  21
0e69 : 85 0e 0a 85 0d 60 f0 09  d2
0e71 : b1 39 aa e6 39 d0 02 e6  36
0e79 : 3a 86 6a b1 39 e6 39 d0  18
0e81 : 02 e6 3a 0a 26 6a 38 65  28
0e89 : 2f 85 69 a5 6a 65 30 85  27
0e91 : 6a 88 b1 69 85 6b 65 2f  80
0e99 : 85 5f c8 b1 69 aa 65 30  18
0ea1 : 85 60 8a 05 6b f0 4a b1  64
0ea9 : 5f 85 46 88 b1 5f 85 45  24
0eb1 : a0 04 b1 5f 85 0b 0a 69  57
0eb9 : 05 65 5f 85 58 a9 00 85  d7
0ec1 : 71 85 72 65 60 85 59 c8  67
0ec9 : 68 30 17 68 85 6e 68 85  95
0ed1 : 69 68 85 6a 68 85 6b 68  4e
0ed9 : 68 20 ce 0a a5 6d 48 a5  78
0ee1 : 6c 48 68 85 6c d1 5f 90  30
0ee9 : 0b d0 06 c8 68 d1 5f 90  ab
0ef1 : 05 4c 45 b2 c8 68 [illegible] 6d  85
0ef9 : aa a5 72 05 71 18 f0 0a  63
0f01 : 20 4c b3 8a 65 6d aa 98  23
0f09 : a4 22 65 6c 86 71 85 72  94
0f11 : c6 0b d0 b3 8a a6 72 0a  c3
0f19 : 26 72 24 45 30 10 24 46  cb
0f21 : 30 03 0a 26 72 65 71 a8  84
0f29 : 8a 65 72 85 72 98 65 58  e5
0f31 : a8 a5 72 65 59 aa 98 4c  db
0f39 : b8 0d 8a 20 b0 b7 4c 45  a3
0f41 : 0f 20 f3 bc 24 0e 30 3c  e1
0f49 : 4c d0 bb a0 00 84 0d 84  62
0f51 : 0e c8 24 3c b1 5f 30 13  51
0f59 : 70 07 a5 47 a4 48 4c a2  a2
0f61 : bb a5 0c 10 03 20 85 10  5b
0f69 : 4c d0 bb 88 b1 5f 10 1a  a8
0f71 : a9 80 85 0e 70 0a b1 47  2a
0f79 : 85 64 c8 b1 47 85 65 60  90
0f81 : a5 0c 30 03 20 1b 10 4c  4d
0f89 : ca a9 c6 0d e6 0e 50 08  ab
0f91 : 4c 2c aa d0 fb 4c e0 a9  b1
0f99 : a5 47 85 64 86 65 b1 64  f3
0fa1 : 85 61 c8 b1 64 85 62 c8  cd
0fa9 : b1 64 85 63 60 24 70 10  63
0fb1 : 03 20 1b bc a5 61 d0 04  d3
0fb9 : 85 64 f0 20 10 2b 38 e9  c0
0fc1 : 90 10 26 aa a5 64 05 65  95
0fc9 : d0 1f a5 63 85 28 a5 62  f4
0fd1 : 4a 66 28 b0 14 e8 d0 f8  2c
0fd9 : 85 64 a5 28 85 65 24 66  e0
0fe1 : 10 03 20 72 0c a9 80 85  e4
0fe9 : 0e 60 68 18 69 01 85 55  a4
0ff1 : 68 69 00 85 56 68 85 0e  99
0ff9 : d0 0e 85 70 68 85 66 68  5d
1001 : 85 61 68 85 62 68 85 63  48
1009 : 68 85 64 68 85 65 6c 55  3a
1011 : 00 a5 0c c5 0e f0 d2 a8  a5
1019 : f0 6a a0 00 24 70 10 03  73
1021 : 20 1b bc a5 61 30 06 f0  44
1029 : 8f a9 f0 30 0e 38 e9 90  3a
1031 : 30 09 d0 49 98 10 46 a5  b2
1039 : 62 30 14 aa 06 66 08 90  e3
1041 : 03 20 4d b9 a5 62 28 08  fd
1049 : 6a 66 63 e8 d0 f8 28 85  5d
1051 : 64 a5 63 85 65 a9 80 85  c2
1059 : 0e 60 a5 0e 30 0b 24 66  7b
1061 : 30 1b a0 80 20 1d 10 30  e3
1069 : 04 a5 64 30 10 4c 04 b8  44
1071 : a5 0e 30 03 20 1b 10 a6  f2
1079 : 65 a5 64 f0 42 4c 48 b2  f5
1081 : a5 0e 10 37 a0 00 84 61  f7
1089 : 84 62 84 63 84 66 a5 64  a7
1091 : 10 05 85 66 20 72 0c a2  5d
1099 : 90 a5 64 d0 08 a2 88 a5  32
10a1 : 65 f0 18 84 65 30 06 ca  9a
10a9 : 06 65 2a 10 fa 85 62 a5  9f
10b1 : 65 85 63 86 61 84 64 84  57
10b9 : 65 84 70 a9 00 85 0e 60  d7
10c1 : 20 b0 0b f0 b8 a0 00 b1  0e
10c9 : 62 4c 28 11 20 81 10 a5  17
10d1 : 3c 18 69 14 0a 20 d5 af  4f
10d9 : 4c be 0c a5 0e 30 04 46  3b
10e1 : 66 10 07 a5 64 10 03 20  d9
10e9 : 72 0c 4c be 0c a5 0e 30  d3
10f1 : f9 24 70 10 03 20 1b bc  32
10f9 : 20 cc bc 4c be 0c a5 0e  37
1101 : 10 15 a2 ff a5 64 30 06  8f
1109 : e8 05 65 f0 01 e8 8a a2  b2
1111 : 00 a8 10 15 ca 30 12 20  c3
1119 : 2b bc 4c 10 11 20 5b 10  57
1121 : a0 00 b1 14 2c a5 ca a2  11
1129 : 00 4c d2 0d 20 b0 0b 4c  f2
1131 : 28 11 a5 0e 10 08 20 fa  c5
1139 : 08 20 6f b4 10 0e 20 44  3e
1141 : 11 10 09 20 68 b4 20 71  30
1149 : 10 20 54 11 a9 01 85 0e  75
1151 : 4c be 0c 20 ef b6 20 71  1c
1159 : 10 20 c6 ff 86 13 4c ba  d2
1161 : 0c 20 e4 ff 46 3c 90 07  4d
1169 : 48 20 cc ff 85 13 68 a6  d4
1171 : 0d 30 1e c9 30 90 04 c9  82
1179 : 3a 90 01 8a 29 0f 85 65  79
1181 : 86 64 24 0e 30 05 20 66  7d
1189 : 0f f0 03 20 ca a9 4c 9e  3e
1191 : 0c aa f0 1a a4 61 88 f0  cb
1199 : 09 20 54 11 20 2c aa 4c  90
11a1 : 9e 0c a5 63 c5 32 90 f1  2f
11a9 : 8a 91 62 4c 9e 0c a5 61  c2
11b1 : f0 ed 86 61 20 ca b4 d0  32
11b9 : e3 20 71 10 86 6a 20 eb  1f
11c1 : 0f 20 71 10 68 85 0e 68  fa
11c9 : 85 50 68 85 51 20 d4 11  cd
11d1 : 4c be 0c a0 00 a5 3c c9  45
11d9 : 35 90 06 d0 08 8a 4c 2f  56
11e1 : b7 8a 4c 03 b7 a5 6a 85  ae
11e9 : 65 8a 4c 4b b7 20 5b 10  1a
11f1 : 20 eb 0f 20 71 10 a4 3c  71
11f9 : c0 4c 90 12 86 49 d0 03  42
1201 : aa f0 06 20 eb 0f 20 71  44
1209 : 10 20 3c b8 d0 03 20 27  43
1211 : b8 4c 9e 0c 20 5b 10 a5  81
1219 : 39 18 69 01 85 7a a5 3a  10
1221 : 69 00 85 7b 20 30 e1 4c  ff
1229 : 96 0c 88 b1 41 10 05 a2  0c
1231 : 0d 4c 37 a4 aa a5 41 69  76
1239 : 01 85 62 85 22 a5 42 69  71
1241 : 00 85 63 85 23 38 8a 65  76
1249 : 41 85 41 90 02 e6 42 86  1d
1251 : 61 46 3c b0 0e a9 61 85  b9
1259 : 64 a5 65 84 65 20 94 0f  41
1261 : 4c 9e 0c 20 3b 0f 4c 9e  9e
1269 : 0c a5 0e 30 1d f0 20 a4  f5
1271 : 65 d0 07 a9 19 85 16 20  8c
1279 : b9 0b a6 61 a0 00 e8 ca  d1
1281 : f0 20 b1 62 20 d2 ff c8  64
1289 : d0 f5 20 fd 08 d0 03 20  6f
1291 : dd bd a2 00 bd 00 01 f0  b7
1299 : 06 20 d2 ff e8 d0 f5 20  91
12a1 : 3b ab a5 3c c9 3d 90 3e  e8
12a9 : d0 2e 38 20 f0 ff 98 38  84
12b1 : e9 0a b0 fc 49 ff 69 01  a7
12b9 : 10 14 20 71 10 46 3c 90  4f
12c1 : 0e 8a 48 20 f0 ff 85 09  62
12c9 : 68 38 e5 09 90 18 aa e8  2e
12d1 : ca f0 13 20 3b ab d0 f8  22
12d9 : 20 d7 aa a5 3c c9 43 90  84
12e1 : 05 20 cc ff 85 13 4c 9e  89
12e9 : 0c 20 71 10 20 c9 ff 86  c1
12f1 : 13 a5 3c c9 44 90 ef b0  09
12f9 : df 20 71 10 8a ea 20 cc  61
1301 : e1 4c 9e 0c a9 40 2c a9  d2
1309 : 80 05 11 d0 07 a9 bf 2c  7f
1311 : a9 7f 25 11 85 11 4c be  75
1319 : 0c a5 39 85 3d a5 3a 85  ec
1321 : 3e 4c 9e 0c 20 f9 ab a5  7a
1329 : 13 f0 06 a5 90 29 03 d0  eb
1331 : 1d ad 00 02 d0 18 a5 13  f0
1339 : d0 0e 24 11 10 42 20 72  b4
1341 : ab 85 39 84 3a 4c b1 0c  73
```

```
1349 : a5 90 29 40 f0 d6 86 7a  5d
1351 : 84 7b d0 16 a5 43 85 7a  09
1359 : a9 02 85 7b 20 79 00 d0  44
1361 : 09 a5 13 d0 bf 20 45 ab  85
1369 : d0 ba 20 73 00 24 0d 30  c3
1371 : 38 20 42 0f 20 79 00 f0  dc
1379 : 12 c9 2c f0 0e 20 62 ab  5c
1381 : a5 3d a4 3e 85 39 84 3a  5e
1389 : 4c 9e 0c a4 7a 84 43 a6  e2
1391 : 3c e0 55 b0 11 a6 13 f0  1d
1399 : 07 20 cc ff 85 13 f0 06  a4
13a1 : aa f0 03 20 f4 ac 4c 9e  ab
13a9 : 0c 85 07 c9 22 f0 07 a9  8c
13b1 : 3a 85 07 a9 2c 18 85 08  4f
13b9 : a5 65 48 a5 7a a4 7b 69  65
13c1 : 00 20 8d b4 a6 71 86 7a  d0
13c9 : 68 20 94 0f 4c 75 13 a5  50
13d1 : 3c 69 88 85 3d a2 05 86  9f
13d9 : 55 a0 af ad 01 02 91 3c  ff
13e1 : a9 40 a0 ac 91 3c ae 02  22
13e9 : 02 a9 01 20 0f 14 0a d0  60
13f1 : 0f 90 0d 2a 20 0f 14 30  fc
13f9 : 07 ca f0 0b c9 00 f0 e9  37
1401 : c6 55 d0 d5 4c ae 0c c5  57
1409 : 65 d0 f5 4c be 0c 91 3c  e8
1411 : 4a 91 3c b1 3c 60 a5 0e  e3
1419 : 85 0c 20 eb 0f 20 12 10  84
1421 : 4c 3a 14 a5 0e 85 0c 30  e2
1429 : 09 a9 bc a0 b9 20 a2 bb  e9
1431 : 30 07 a2 01 86 65 ca 86  79
1439 : 64 20 0f bc 20 eb 0f 20  e7
1441 : 12 10 20 97 14 d0 06 8a  4b
1449 : 18 65 0b aa 9a ba e0 50  d0
1451 : b0 03 4c 35 a4 a5 0c f0  c6
1459 : 0f a5 65 48 a5 64 48 a5  87
1461 : 6d 48 a5 6c 48 4c 85 14  0e
1469 : a5 66 09 7f 25 62 85 62  b4
1471 : a9 7c a0 14 85 22 84 23  c5
1479 : 4c 43 ae 20 fc bb 20 2b  9b
1481 : bc 20 38 ae a5 3a 48 a5  ca
1489 : 39 48 a5 4a 48 a5 49 48  00
1491 : a5 0c 48 4c 9e 0c ba e8  df
1499 : e8 bd 01 01 0a d0 1f a0  a5
14a1 : 09 b0 02 a0 10 84 0b a5  34
14a9 : 4a f0 13 dd 03 01 d0 07  75
14b1 : a5 49 dd 02 01 f0 07 8a  7b
14b9 : 18 65 0b aa d0 db 60 88  1a
14c1 : 84 4a 20 97 14 f0 03 4c  d3
14c9 : 30 ad 9a bd 03 01 85 4a  11
14d1 : bd 02 01 85 49 a0 01 68  ef
14d9 : 48 85 0e 30 27 8a 18 69  67
14e1 : 06 48 69 06 85 24 68 20  82
14e9 : a2 bb ba bd 0b 01 85 66  6b
14f1 : 85 0c a5 49 a4 4a 20 67  fb
14f9 : b8 20 d0 bb a0 01 20 5d  ba
1501 : bc 4c 2d 15 bd 07 01 18  1a
1509 : 71 49 91 49 85 65 bd 06  33
1511 : 01 10 02 a0 ff 84 0c a0  45
1519 : 00 71 49 91 49 85 64 bd  24
1521 : 09 01 85 6d bd 08 01 85  e5
1529 : 6c 20 13 0b 38 ba e5 0c  d5
1531 : f0 0d bd 05 01 85 3a bd  58
1539 : 04 01 85 39 4c 9e 0c 8a  45
1541 : 18 65 0b aa 9a d0 f5 c6  ba
1549 : 3b b1 39 85 6b 20 71 10  f9
1551 : 8a f0 05 0a c5 6b 90 04  d8
1559 : a5 6b d0 62 a8 46 3c b0  43
1561 : 11 a5 6b d0 02 a9 03 65  7e
1569 : 39 48 a5 3a 69 00 48 a9  82
1571 : 8d 48 b1 39 aa c8 b1 39  e0
1579 : 85 39 86 3a 4c cd 0c a9  3a
1581 : ff 85 4a 20 97 14 9a 68  2f
1589 : c9 8d f0 13 4c e0 a8 68  f7
1591 : 85 49 68 85 4a a0 00 68  00
1599 : 91 49 c8 c0 05 d0 f8 68  a5
15a1 : 85 3a 68 85 39 4c cd 0c  53
15a9 : c6 3b a5 0e 30 08 a5 61  d5
15b1 : f0 0a a9 02 d0 08 a5 64  fe
15b9 : 05 65 d0 f6 b1 39 4c c4  23
15c1 : 0c b1 39 65 2d 85 64 c8  c3
15c9 : b1 39 65 2e 85 65 c8 b1  40
15d1 : 39 65 2d 85 6c c8 b1 39  ff
15d9 : 65 2e 85 6d a9 05 65 39  2f
15e1 : 85 6a a5 3a 69 00 85 6b  cf
15e9 : b9 6a 00 91 64 88 10 f8  c6
15f1 : a0 05 d0 c8 c8 b1 39 65  2b
15f9 : 2d 85 47 88 b1 39 65 2e  a3
1601 : 85 48 a5 39 69 03 48 a5  56
1609 : 3a 69 00 48 b1 47 d0 03  a0
1611 : 4c ae b3 85 3a 88 b1 47  8f
1619 : 85 39 a0 02 b1 47 85 49  a1
1621 : c8 b1 47 85 4a c8 b1 49  89
1629 : 48 88 10 fa a5 4a 48 a5  32
1631 : 49 48 a5 0e 20 64 0f 4c  c3
1639 : 9e 0c b1 39 84 0c 85 0b  46
1641 : c8 b1 39 85 45 c8 b1 39  b5
1649 : 85 46 a5 31 85 5f 38 e5  81
1651 : 2f 85 69 a5 32 85 60 e5  ee
1659 : 30 aa 05 69 f0 21 a0 05  f1
1661 : 18 b1 39 65 2f 85 6b 88  2b
1669 : b1 39 65 30 85 6c a0 01  56
1671 : b1 6b 88 11 6b d0 5e a5  1e
1679 : 69 91 6b c8 8a 91 6b 20  c2
1681 : 94 b1 20 08 a4 a0 00 84  4f
1689 : 3b 84 72 a2 05 a5 45 91  ad
1691 : 5f 10 01 ca c8 a5 46 91  88
1699 : 5f 10 02 ca ca 86 71 a5  cc
16a1 : 0b a0 04 91 5f d0 03 20  f8
16a9 : eb 0f 84 22 20 5b 10 a4  e8
16b1 : 22 a6 65 c8 e8 d0 03 18  ea
16b9 : 69 01 91 5f c8 8a 91 5f  d9
16c1 : 20 4c b3 a4 22 86 71 85  b0
16c9 : 72 c6 0b d0 da 20 aa b2  3a
16d1 : a9 06 4c c4 0c 4c 4d b2  e7
16d9 : 88 84 0a a0 01 20 15 17  ce
16e1 : 46 0c aa f0 15 20 5a e2  77
16e9 : c6 0b f0 0e 20 2e 17 86  10
16f1 : ba c6 0b f0 05 20 2e 17  27
16f9 : 86 b9 20 01 17 4c 9e 0c  eb
1701 : a5 3c c9 5e 90 05 d0 09  89
1709 : 4c 59 e1 20 6f e1 4c ae  13
1711 : a7 4c 6f e1 a2 00 86 b7  aa
1719 : 86 b9 86 90 84 0c 84 ba  60
1721 : 84 7b b1 39 85 0b e6 39  b5
1729 : d0 02 e6 3a 60 68 18 69  78
1731 : 01 85 45 68 69 00 85 46  8c
1739 : 46 0c b0 03 20 eb 0f 20  f0
1741 : 71 10 6c 45 00 20 15 17  02
1749 : 20 2e 17 86 b8 c6 0b f0  e7
1751 : 20 20 2e 17 86 ba e0 03  b8
1759 : 90 02 c6 b9 c6 0b f0 11  7e
1761 : 20 2e 17 86 b9 c6 0b f0  0f
1769 : 08 20 eb 0f c6 0d 20 5a  68
1771 : e2 20 c1 e1 4c 9e 0c 4c  92
1779 : 08 af 4c 08 af 4c 08 af  4a
1781 : 4c 08 af a3 22 44 23 44  8b
1789 : 23 90 17 9f 17 a0 17 b1  e4
1791 : 10 01 da aa 00 00 ba 10  39
1799 : 01 42 49 00 09 16 [illegible] 15  79
17a1 : a7 04 00 10 01 48 45 00  b4
17a9 : 07 a8 90 5d 02 00 00 2e  51
17b1 : c0 80 b4 0d a8 90 5d 02  09
17b9 : 00 00 17 a8 90 5d 00 00  88
17c1 : 00 2e c1 81 b4 0d a8 90  f0
17c9 : 5d 00 00 00 17 a6 ff c0  4f
17d1 : 80 a8 90 5d 03 00 00 17  d3
17d9 : a6 f0 c1 81 a8 90 5d 01  1e
17e1 : 00 00 17 a6 e0 c1 81 a8  ef
17e9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 f0  9d
17f1 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  8d
17f9 : 17 1a 20 be 1a 1f 9e 1a  47
1801 : 1e d6 1a 20 02 a6 5d c1  63
1809 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  ec
1811 : a6 4d c1 81 a8 90 5d 01  85
1819 : 00 00 17 a6 5d c1 81 a8  ef
1821 : 90 5d 01 00 00 17 a6 55  9e
1829 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  c5
1831 : 17 a6 45 c1 81 a8 90 5d  7f
1839 : 01 00 00 17 a6 55 c1 81  3c
1841 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  53
1849 : 5d c1 81 a8 90 5d 01 00  f4
1851 : 00 17 a6 4d c1 81 a8 90  1c
1859 : 5d 01 00 00 17 a6 5d c1  d7
1861 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  44
1869 : 1a 1e 0e a6 5f c1 81 a8  46
1871 : 90 5d 01 00 00 17 a6 4f  e2
1879 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  15
1881 : 17 a6 5f c1 81 a8 90 5d  56
1889 : 01 00 00 17 a6 57 c1 81  9c
1891 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  a3
1899 : 47 c1 81 a8 90 5d 01 00  2e
18a1 : 00 17 a6 57 c1 81 a8 90  ad
18a9 : 5d 01 00 00 17 a6 5f c1  2f
18b1 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  94
18b9 : a6 4f c1 81 a8 90 5d 01  2e
18c1 : 00 00 17 a6 5f c1 81 a8  b7
18c9 : 90 5d 01 00 00 17 e7 23  e7
18d1 : 93 11 11 11 11 11 20 20  ae
18d9 : 20 20 20 20 4d 43 44 53  bc
18e1 : 2d 34 38 20 50 52 4f 4d  aa
18e9 : 2d 50 52 4f 47 52 41 4d  63
18f1 : 4d 45 52 3e 50 e7 1a 11  0c
18f9 : 11 11 11 11 11 11 11 11  f9
1901 : 11 11 11 11 11 11 20 20  5c
1909 : 20 46 49 4c 45 4e 41 4d  8f
1911 : 45 3c 82 53 82 ec 2c 53  66
1919 : 2c 52 07 c2 82 be b8 be  07
1921 : 60 04 b0 c3 a7 03 ff 83  c1
1929 : 11 be 48 83 a4 03 53 83  d3
1931 : 14 be 61 ed 93 11 11 11  e2
1939 : 11 3e e7 16 20 20 56 45  0d
1941 : 52 49 46 59 20 20 20 20  b8
1949 : 20 20 20 50 52 4f 47 52  ed
1951 : 41 4d 3c a6 d3 2e f4 08  af
1959 : a6 d3 17 b0 a6 cc 17 a6  3f
1961 : d3 2e c4 82 47 82 bd 33  b3
1969 : 02 1f 05 19 19 b8 82 e8  93
1971 : 02 1f 05 19 19 60 84 b2  73
1979 : 02 1f 1c b1 a6 cc 17 f6  63
1981 : a7 04 00 a6 d6 2e a6 28  c9
1989 : 09 07 b2 07 17 bf a6 d3  55
1991 : 17 b0 a6 cc 17 84 bf 02  dc
1999 : 1f 1c b1 a6 cc 17 f0 a7  a0
19a1 : 04 00 a6 d6 2e a6 28 09  f5
19a9 : 07 bf 07 17 b2 a6 d3 17  12
19b1 : b0 a6 cc 17 19 19 60 ed  82
19b9 : 11 11 11 11 11 3e b0 c0  01
19c1 : 80 a8 90 5d 03 00 00 17  c3
19c9 : a8 90 5d 00 00 00 2e c1  4d
19d1 : 81 a6 fb 0c a8 90 5d 00  aa
19d9 : 00 00 17 e7 29 93 11 11  32
19e1 : 11 11 11 20 20 49 4e 53  ef
19e9 : 45 52 54 20 38 37 34 38  ef
19f1 : 20 49 4e 20 50 52 4f 47  b1
19f9 : 52 41 4d 4d 49 4e 47 20  4d
1a01 : 53 4f 43 4b 45 54 3e e7  f6
1a09 : 1d 11 11 11 11 11 20 20  70
1a11 : 50 52 45 53 53 20 4b 45  34
1a19 : 59 20 54 4f 20 43 4f 4e  77
1a21 : 54 49 4e 55 45 20 3e ed  82
1a29 : 11 11 11 11 11 3e 82 47  c5
1a31 : 82 e8 02 1f 05 19 1a 2f  6c
1a39 : a8 90 5d 00 00 00 2e c1  bd
1a41 : 81 b4 0d a8 90 5d 00 00  69
1a49 : 00 17 a6 ff c0 80 a8 90  52
1a51 : 5d 03 00 00 17 b0 c5 b0  9f
1a59 : c6 b0 c3 a7 03 ff 83 11  bd
1a61 : 1a 1f 3a 1a 1e d6 1a 20  1e
1a69 : be 83 a7 02 ff 01 1f 0b  ae
1a71 : 1a 21 85 1a 21 e9 19 1a  ba
1a79 : 90 83 a7 01 ff 01 1f 08  69
1a81 : 1a 21 e9 19 1a 90 83 a6  4b
1a89 : ff 01 1f 05 1a 21 85 83  39
1a91 : 83 a7 01 00 0a 21 a7 01  73
1a99 : 00 09 08 c7 1a 20 66 a6  a2
1aa1 : db c1 81 a8 90 5d 01 00  ca
1aa9 : 00 17 a6 cb c1 81 a8 90  44
1ab1 : 5d 01 00 00 17 a6 db c1  29
1ab9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  9c
1ac1 : a6 d3 c1 81 a8 90 5d 01  78
1ac9 : 00 00 17 a6 c3 c1 81 a8  06
1ad1 : 90 5d 01 00 00 17 a6 d3  4b
1ad9 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  75
1ae1 : 17 a6 db c1 81 a8 90 5d  d5
1ae9 : 01 00 00 17 a6 cb c1 81  a0
1af1 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  03
1af9 : db c1 81 a8 90 5d 01 00  22
1b01 : 00 17 e7 08 41 44 44 52  74
1b09 : 45 53 53 20 3c 83 c8 1a  08
1b11 : 22 4d 89 3c 8a 3c 8b 3c  f5
1b19 : 83 a4 03 c8 1a 22 4d ef  90
1b21 : 20 20 44 41 54 41 20 3c  d3
1b29 : 8a 3c 8b 3c 84 b2 02 1f  60
1b31 : 05 19 1d 45 83 a4 03 b0  7e
1b39 : 02 1f 05 19 1d 45 83 a4  83
1b41 : 03 c7 1a 20 66 a6 df c1  51
1b49 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  2c
1b51 : a6 cf c1 81 a8 90 5d 01  06
1b59 : 00 00 17 a6 df c1 81 a8  57
1b61 : 90 5d 01 00 00 17 a6 d7  e3
1b69 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  05
1b71 : 17 a6 c7 c1 81 a8 90 5d  60
1b79 : 01 00 00 17 a6 d7 c1 81  90
1b81 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  93
1b89 : df c1 81 a8 90 5d 01 00  b6
1b91 : 00 17 a6 cf c1 81 a8 90  ac
1b99 : 5d 01 00 00 17 a6 df c1  21
1ba1 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  84
1ba9 : a6 dc c1 81 a8 90 5d 01  e4
1bb1 : 00 00 17 a6 cc c1 81 a8  7e
1bb9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 dc  45
1bc1 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  5d
1bc9 : 17 a6 d4 c1 81 a8 90 5d  fb
1bd1 : 01 00 00 17 a6 c4 c1 81  50
1bd9 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  eb
1be1 : d4 c1 81 a8 90 5d 01 00  03
```

Listing 2. Steuersoftware für das Programmiergerät zum 8748-Ein-Chip-Mikrocomputer (Fortsetzung)

```
1be9 : 00 17 a6 dc c1 81 a8 90  a6
1bf1 : 5d 01 00 00 17 a6 cc c1  2c
1bf9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  dc
1c01 : a6 dc c1 81 a8 90 5d 01  3c
1c09 : 00 00 17 a6 dd c1 81 a8  e7
1c11 : 90 5d 01 00 00 17 a6 cd  7f
1c19 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  b5
1c21 : 17 a6 dd c1 81 a8 90 5d  95
1c29 : 01 00 00 17 a6 d5 c1 81  30
1c31 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  43
1c39 : c5 c1 81 a8 90 5d 01 00  4c
1c41 : 00 17 a6 d5 c1 81 a8 90  1d
1c49 : 5d 01 00 00 17 a6 dd c1  c9
1c51 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  34
1c59 : a6 cd c1 81 a8 90 5d 01  0d
1c61 : 00 00 17 a6 dd c1 81 a8  3f
1c69 : 90 5d 01 00 00 17 1a 1e  46
1c71 : 72 b1 cc fe 8c 11 8c 14  7a
1c79 : 1a 1e 0e 1a 20 02 a6 5d  d1
1c81 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  1d
1c89 : 17 a6 4d c1 81 a8 90 5d  d9
1c91 : 01 00 00 17 a6 5d c1 81  d5
1c99 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  ab
1ca1 : 55 c1 81 a8 90 5d 01 00  44
1ca9 : 00 17 a6 45 c1 81 a8 90  73
1cb1 : 5d 01 00 00 17 a6 55 c1  0e
1cb9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  9c
1cc1 : a6 5d c1 81 a8 90 5d 01  3d
1cc9 : 00 00 17 a6 4d c1 81 a8  9e
1cd1 : 90 5d 01 00 00 17 a6 5d  5e
1cd9 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  75
1ce1 : 17 a6 5f c1 81 a8 90 5d  b6
1ce9 : 01 00 00 17 a6 4f c1 81  bc
1cf1 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  03
1cf9 : 5f c1 81 a8 90 5d 01 00  a6
1d01 : 00 17 a6 57 c1 81 a8 90  0d
1d09 : 5d 01 00 00 17 a6 47 c1  2e
1d11 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  f4
1d19 : a6 57 c1 81 a8 90 5d 01  92
1d21 : 00 00 17 a6 5f c1 81 a8  17
1d29 : 90 5d 01 00 00 17 a6 4f  9a
1d31 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  cd
1d39 : 17 a6 5f c1 81 a8 90 5d  0e
1d41 : 01 00 00 17 1a 1f 9e 1a  6f
1d49 : 1e 72 b0 c0 80 a8 90 5d  2f
1d51 : 03 00 00 17 a8 90 5d 00  bc
1d59 : 00 00 2e c1 81 a6 fb 0c  72
1d61 : a8 90 5d 00 00 00 17 a8  56
1d69 : 90 5d 01 00 00 2e cd 8d  ac
1d71 : c8 1a 22 4d e7 09 20 20  00
1d79 : 56 45 52 49 46 59 20 3c  58
1d81 : 8a 3c 8b 3c 8d 83 a4 03  21
1d89 : 02 1f 07 eb 20 4f 4b 3e  80
1d91 : 8d 83 a4 03 05 1f 10 ee  d1
1d99 : 20 45 52 52 4f 52 3e b1  1f
1da1 : c5 86 b1 07 c6 a8 90 5d  a5
1da9 : 00 00 00 2e c1 81 b4 0d  84
1db1 : a8 90 5d 00 00 00 17 a6  a2
1db9 : ff c0 80 a8 90 5d 03 00  4d
1dc1 : 00 17 1a 1f 3a 1a 1e 0e  c0
1dc9 : 1a 1e d6 83 14 ec 11 11  27
1dd1 : 11 11 3e 85 b0 02 1f 16  6f
1dd9 : e7 11 50 52 4f 47 2f 56  40
1de1 : 45 52 49 46 59 20 52 45  d5
1de9 : 41 44 59 3e 85 b1 02 1f  97
1df1 : 1d e7 16 50 52 4f 47 2f  ad
1df9 : 56 45 52 49 46 59 20 45  ea
1e01 : 52 52 4f 52 28 53 29 20  9c
1e09 : 20 3c 86 3e 4f a6 5e c1  d8
1e11 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  f4
1e19 : a6 4e c1 81 a8 90 5d 01  0d
1e21 : 00 00 17 a6 5e c1 81 a8  07
1e29 : 90 5d 01 00 00 17 a6 56  a8
1e31 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  cd
1e39 : 17 a6 46 c1 81 a8 90 5d  c7
1e41 : 01 00 00 17 a6 56 c1 81  4c
1e49 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  5b
1e51 : 5e c1 81 a8 90 5d 01 00  fd
1e59 : 00 17 a6 4e c1 81 a8 90  44
1e61 : 5d 01 00 00 17 a6 5e c1  e3
1e69 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  4c
1e71 : 1d a6 de c1 81 a8 90 5d  2b
1e79 : 01 00 00 17 a6 ce c1 81  48
1e81 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  93
1e89 : de c1 81 a8 90 5d 01 00  b5
1e91 : 00 17 a6 d6 c1 81 a8 90  8d
1e99 : 5d 01 00 00 17 a6 c6 c1  bc
1ea1 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  84
1ea9 : a6 d6 c1 81 a8 90 5d 01  e1
1eb1 : 00 00 17 a6 de c1 81 a8  9f
1eb9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 ce  29
1ec1 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  5d
1ec9 : 17 a6 de c1 81 a8 90 5d  7d
1ed1 : 01 00 00 17 1d a6 5b c1  ad
1ed9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  bc
1ee1 : a6 4b c1 81 a8 90 5d 01  54
1ee9 : 00 00 17 a6 5b c1 81 a8  9f
1ef1 : 90 5d 01 00 00 17 a6 53  6a
1ef9 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  95
1f01 : 17 a6 43 c1 81 a8 90 5d  cf
1f09 : 01 00 00 17 a6 53 c1 81  fc
1f11 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  23
1f19 : 5b c1 81 a8 90 5d 01 00  c2
1f21 : 00 17 a6 4b c1 81 a8 90  ac
1f29 : 5d 01 00 00 17 a6 5b c1  9f
1f31 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  14
1f39 : 1d a6 5a c1 81 a8 90 5d  d2
1f41 : 01 00 00 17 a6 4a c1 81  ec
1f49 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  5b
1f51 : 5a c1 81 a8 90 5d 01 00  f9
1f59 : 00 17 a6 52 c1 81 a8 90  c5
1f61 : 5d 01 00 00 17 a6 42 c1  72
1f69 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  4c
1f71 : a6 52 c1 81 a8 90 5d 01  67
1f79 : 00 00 17 a6 5a c1 81 a8  1f
1f81 : 90 5d 01 00 00 17 a6 4a  e8
1f89 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  25
1f91 : 17 a6 5a c1 81 a8 90 5d  24
1f99 : 01 00 00 17 1d a6 da c1  73
1fa1 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  84
1fa9 : a6 ca c1 81 a8 90 5d 01  db
1fb1 : 00 00 17 a6 da c1 81 a8  5f
1fb9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 d2  31
1fc1 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  5d
1fc9 : 17 a6 c2 c1 81 a8 90 5d  76
1fd1 : 01 00 00 17 a6 d2 c1 81  c0
1fd9 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  eb
1fe1 : da c1 81 a8 90 5d 01 00  09
1fe9 : 00 17 a6 ca c1 81 a8 90  64
1ff1 : 5d 01 00 00 17 a6 da c1  65
1ff9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  dc
2001 : 1d a6 5c c1 81 a8 90 5d  1b
2009 : 01 00 00 17 a6 4c c1 81  c4
2011 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  23
2019 : 5c c1 81 a8 90 5d 01 00  c3
2021 : 00 17 a6 54 c1 81 a8 90  cd
2029 : 5d 01 00 00 17 a6 44 c1  42
2031 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  14
2039 : a6 54 c1 81 a8 90 5d 01  30
2041 : 00 00 17 a6 5c c1 81 a8  07
2049 : 90 5d 01 00 00 17 a6 4c  b4
2051 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  ed
2059 : 17 a6 5c c1 81 a8 90 5d  6d
2061 : 01 00 00 17 1d b0 ce b7  47
2069 : 8e 11 8e 87 87 b2 0a 21  8d
2071 : b2 09 08 e4 04 87 b2 0a  a2
2079 : 21 c7 8e 14 b0 ce b7 8e  21
2081 : 11 8e a4 04 8e b2 09 07  34
2089 : a6 70 07 c1 81 a8 90 5d  bc
2091 : 01 00 00 17 8e a4 04 8e  b1
2099 : b2 09 07 a6 60 07 c1 81  af
20a1 : a8 90 5d 01 00 00 17 8e  82
20a9 : a4 04 8e b2 09 07 a6 70  8e
20b1 : 07 c1 81 a8 90 5d 01 00  06
20b9 : 00 17 8e 14 1d a6 58 c1  57
20c1 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  a4
20c9 : a6 48 c1 81 a8 90 5d 01  ba
20d1 : 00 00 17 a6 58 c1 81 a8  57
20d9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 50  4c
20e1 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  7d
20e9 : 17 a6 40 c1 81 a8 90 5d  f6
20f1 : 01 00 00 17 a6 50 c1 81  cc
20f9 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  0b
2101 : 58 c1 81 a8 90 5d 01 00  a7
2109 : 00 17 a6 48 c1 81 a8 90  33
2111 : 5d 01 00 00 17 a6 58 c1  7b
2119 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  fc
2121 : a6 59 c1 81 a8 90 5d 01  9b
2129 : 00 00 17 a6 49 c1 81 a8  be
2131 : 90 5d 01 00 00 17 a6 59  b6
2139 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  d5
2141 : 17 a6 51 c1 81 a8 90 5d  92
2149 : 01 00 00 17 a6 41 c1 81  ac
2151 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  63
2159 : 51 c1 81 a8 90 5d 01 00  f8
2161 : 00 17 a6 59 c1 81 a8 90  ad
2169 : 5d 01 00 00 17 a6 49 c1  96
2171 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  54
2179 : a6 59 c1 81 a8 90 5d 01  f3
2181 : 00 00 17 1d a6 d8 c1 81  26
2189 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  9b
2191 : c8 c1 81 a8 90 5d 01 00  a7
2199 : 00 17 a6 d8 c1 81 a8 90  d5
21a1 : 5d 01 00 00 17 a6 d0 c1  ec
21a9 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  8c
21b1 : a6 c0 c1 81 a8 90 5d 01  de
21b9 : 00 00 17 a6 d0 c1 81 a8  c6
21c1 : 90 5d 01 00 00 17 a6 d8  45
21c9 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  65
21d1 : 17 a6 c8 c1 81 a8 90 5d  00
21d9 : 01 00 00 17 a6 d8 c1 81  f9
21e1 : a8 90 5d 01 00 00 17 1d  df
21e9 : a6 d9 c1 81 a8 90 5d 01  a3
21f1 : 00 00 17 a6 c9 c1 81 a8  8e
21f9 : 90 5d 01 00 00 17 a6 d9  7f
2201 : c1 81 a8 90 5d 01 00 00  9d
2209 : 17 a6 d1 c1 81 a8 90 5d  7a
2211 : 01 00 00 17 a6 c1 c1 01  70
2219 : a8 90 5d 01 00 00 17 a6  2b
2221 : d1 c1 81 a8 90 5d 01 00  40
2229 : 00 17 a6 d9 c1 81 a8 90  85
2231 : 5d 01 00 00 17 a6 c9 c1  60
2239 : 81 a8 90 5d 01 00 00 17  1c
2241 : a6 d9 c1 81 a8 90 5d 01  fb
2249 : 00 00 17 1d 88 a7 01 00  7d
2251 : 0a 21 cf 88 8f a7 01 00  2b
2259 : 09 08 d0 8f f0 0a 21 d1  14
2261 : 8f 91 f0 09 08 d2 90 f0  51
2269 : 0a 21 d3 90 93 f0 09 08  00
2271 : d4 e7 10 30 31 32 33 34  1d
2279 : 35 36 37 38 39 41 42 43  cb
2281 : 44 45 46 d5 95 91 b1 07  6f
2289 : b1 36 d6 95 92 b1 07 b1  f4
2291 : 36 c9 95 93 b1 07 b1 36  0a
2299 : ca 95 94 b1 07 b1 36 cb  f8
22a1 : 1d 4f 44 44 00 00 00 00  00
22a9 : 00 44 50 00 00 00 00 00  e0
22b1 : 49 ce 00 00 00 00 00 49  f4
22b9 : 00 00 00 00 00 00 41 00  bf
22c1 : 00 00 00 00 00 56 52 00  bd
22c9 : 00 00 00 00 4c 00 00 00  8e
22d1 : 00 00 00 41 44 00 00 00  3e
22d9 : 00 00 44 45 00 00 00 00  93
22e1 : 00 48 cc 00 00 00 00 00  39
22e9 : 4c c8 00 00 00 00 00 4c  32
22f1 : cc 00 00 00 00 00 5a 00  27
22f9 : 00 00 00 00 00 44 49 00  41
2301 : 00 00 00 00 4d 00 00 00  d6
2309 : 00 00 00 48 42 00 00 00  37
2311 : 00 00 4c 42 00 00 00 00  6d
2319 : 00 48 48 00 00 00 00 00  50
2321 : 48 4c 00 00 00 00 00 4c  28
2329 : 48 00 00 00 00 00 4c 4c  3b
2331 : 00 00 00 00 00 48 80 00  76
2339 : 00 00 00 00 48 c8 00 00  04
2341 : 00 00 00 00 00 2c 30 55  0e
```

Listing 2. Steuersoftware für das Programmiergerät zum 8748-Ein-Chip-Mikrocomputer (Schluß)

```
1                           ;**********************************
2                           ;program: 8748+iecen+2.0
3                           ;
4                           ;buechel   april 84
5                           ;**********************************
6                           ;
7                           ;
100                         ;data transfer cbm64  -  brother
101                         ;hr-15 centronics interface
109                         ;
110                         ;
120        org    000h
122                                ;power up vektor
130              jmp    label0     ;jump to mainprogram
132                                ;
134                                ;
148                                ;
150              org    020h
152                                ;        ***comin***
154 comin      : jnt0   label60    ;if t0=0 then label60
162              jnt0   comin      ;really t0=1
164              call   receive
166              in     a,p2       ;read switch
170              cpl    a
```

Listing 3. Quelltext zum Anwendungsbeispiel »Centronics-Interface«

```
         anl   a,#0fh
         mov   r6,a         ;store switch into r6
         orl   a,#20h       ;code=switch or 20h
         cpl   a
         inc   a            ;accu = two's complement (switch)
         add   a,r4         ;accu = code-switch
         jnz   label57      ;jump if code <> (switch or 20h)
         clr   f1
         cpl   f1           ;listen = true
                            ;
label51: jnt1  label53      ;jump if clock=high
         jnt1  label51      ;really clock=low
label52: jt0   label51      ;jump if atn=low
         jt0   label52      ;really atn=high
         jmp   label55
label53: jt1   label51      ;really clock=high
         call  receive      ;read channel#
label54: jt0   label54      ;jump if atn=low
         jt0   label54      ;really atn=high
label55: jmp   label60
                            ;
label57: mov   a,r4
         add   a,#0c1h      ;accu = code-3fh
         jnz   label58
         clr   f1           ;listen = false
label58: orl   p1,#01       ;set dataleitung high
label59: jt0   label59      ;if atn=low then label59
         jt0   label59      ;really atn=high
label60: ret                ;return
                            ;
                            ;
                            ;
         org   080h
                            ;
                            ;       ***receive***
receive: anl   p1,#0feh     ;set dataleitung low
         mov   a,#0fdh      ;set timer 200us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
label21: jtf   label22
         jmp   label21      ;wait 200us
label22: stop  tcnt         ;stop timer
label23: jt1   label23      ;if t1=1 then label23
         jt1   label23      ;really t1=0
                            ;
         orl   p1,#01       ;set dataleitung high
         mov   a,#0fdh      ;set timer 200us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
                            ;
label24: clr   f0           ;clear loop-flag
         jtf   label26      ;jump if time=true
         jmp   label28      ;jump if time=false
label26: cpl   f0           ;set f0 if time=true
         clr   a            ;indicate timer overflow
         jmp   label30
label28: jnt1  label30      ;jump if clock=high
         jnt1  label28      ;really clock=low
         cpl   f0           ;set f0 if clock=high
label30: cpl   f0           ;invert f0 for test
         jf0   label24      ;jump if time=false and clock=high
                            ;
         stop  tcnt         ;stop timer
         jnz   label38      ;jump if time=false
         anl   p1,#0feh     ;set dataleitung low
         mov   a,#0feh      ;set timer 100us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
label32: jtf   label34
         jmp   label32      ;wait 100us
label34: stop  tcnt         ;stop timer
         orl   p1,#01       ;set dataleitung high
label36: jnt1  label36      ;continue if clock=high
         jnt1  label36      ;really clock=high
                            ;
label38: mov   r0,#3fh      ;register address = 3fh
         mov   r7,#08       ;i=8
label40: jt1   label40      ;jump if clock=low
         jt1   label40      ;really clock=high
         in    a,p1         ;read data
         anl   a,#08        ;mask data bit
         mov   @r0,a        ;store data bit
         dec   r0           ;decrement register address
label42: jnt1  label42      ;jump if clock=high
         jnt1  label42      ;really clock=low
         djnz  r7,label40   ;next bit
                            ;
         anl   p1,#0feh     ;set dataleitung low
         inc   r0           ;increment register address
         mov   a,@r0        ;load databit 7
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 6 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 5 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 4 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 3 to accu
         mov   r4,a
         inc   r0
         mov   a,@r0        ;load databit 2
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 1 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 0 to accu
         rr    a
         rr    a
         rr    a
         orl   a,r4
         cpl   a
         mov   r4,a         ;code in r4
         ret                ;return
                            ;
                            ;
                            ;
         org   100h
                            ;
                            ;       ***transmit***
                            ;
transmt: jt0   label98      ;if t0=1 then label98
         jt0   transmt      ;really t0=0
label62: jt1   transmt      ;if t1=1 then label60
         jt1   label62      ;really t1=0
                            ;
         orl   p1,#01       ;set dataleitung high
         mov   a,#0fdh      ;set timer 200us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
                            ;
label64: clr   f0           ;clear loop-flag
         jtf   label66      ;jump if time=true
         jmp   label68      ;jump if time=false
label66: cpl   f0           ;set f0 if time=true
         clr   a            ;indicate timer overflow
         jmp   label70
label68: jnt1  label70      ;jump if clock=high
         jnt1  label68      ;really clock=low
         cpl   f0           ;set f0 if clock=high
label70: cpl   f0           ;invert f0 for test
         jf0   label64      ;jump if time=false and clock=high
                            ;
         stop  tcnt         ;stop timer
         jnz   label78      ;jump if time=false
         anl   p1,#0feh     ;set dateleitung low
         mov   a,#0feh      ;set timer 100us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
label72: jtf   label74
         jmp   label72      ;wait 100us
label74: stop  tcnt         ;stop timer
         orl   p1,#01       ;set dataleitung high
label76: jnt1  label76      ;continue if clock=high
         jnt1  label76      ;really clock=high
                            ;
label78: mov   r0,#3fh      ;register address = 3fh
         mov   r7,#08       ;i=8
label80: jt1   label80      ;jump if clock=low
         jt1   label80      ;really clock=high
         in    a,p1         ;read data
         anl   a,#08        ;mask databit
         mov   @r0,a        ;store databit
         dec   r0           ;decrement register address
label82: jnt1  label82      ;jump if clock=high
         jnt1  label82      ;really clock=low
         djnz  r7,label80   ;next bit
                            ;
         inc   r0           ;increment register addres
         mov   a,@r0        ;load databit 7
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 6 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 5 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 4 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 3 to accu
         mov   r4,a
         inc   r0
         mov   a,@r0        ;load databit 2
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 1 to accu
         rl    a
         inc   r0
         orl   a,@r0        ;or databit 0 to accu
         rr    a
         rr    a
         rr    a
         orl   a,r4
         cpl   a
         mov   r4,a         ;code in r4
         anl   p1,#0feh     ;set dataleitung low
label84: in    a,p1         ;read busy
                            ;
         jb6   label84      ;wait if not busy
label86: in    a,p1         ;read busy
         jb6   label86      ;really busy
         mov   a,r4         ;accu=code
         add   a,#80h
         jnc   label97      ;if code<128 then label97
         mov   a,r4         ;accu=code
         add   a,#40h
         jnc   label87      ;if code<192 then label87
         mov   a,r4         ;accu=code
         add   a,#20h
         jnc   label97      ;if code<224 then label97
label87: mov   a,#5fh
         outl  bus,a        ;write "_" to centronics
         nop
         anl   p1,#7fh      ;set strobe low
         nop
         nop
         orl   p1,#80h      ;set strobe high
         mov   a,#0fbh      ;set timer 500us
         mov   t,a
         strt  t            ;start timer
```

Listing 3. Quelltext zum Anwendungsbeispiel »Centronics-Interface« (Fortsetzung)

```
539 label88:jtf    label89      ;
540         jmp    label88      ;wait 500us
541 label89:stop   tcnt         ;stop timer
546 label90:in     a,p1         ;read busy
548         jb6    label90      ;wait if not busy
549 label91:in     a,p1         ;read busy
550         jb6    label91      ;really busy
552         mov    a,#08        ;
554         outl   bus,a        ;write "bs" to centronics
556         nop
558         anl    p1,#7fh      ;set strobe low
559         nop
560         nop
562         orl    p1,#80h      ;set strobe high
564         mov    a,#0ffh      ;set timer 500us
565         mov    t,a
566         strt   t            ;start timer
567 label92:jtf    label93      ;
568         jmp    label92      ;wait 500us
569 label93:stop   tcnt         ;stop timer
574 label94:in     a,p1         ;read busy
576         jb6    label94      ;wait if not busy
577 label95:in     a,p1         ;read busy
578         jb6    label95      ;really busy
580                             ;
582 label97:mov    a,r4         ;accu=code
584         movp3  a,@a         ;ascii code to accu
586         outl   bus,a        ;ascii code to centronics
588         nop
590         anl    p1,#7fh      ;set strobe low
592         nop
593         nop
594         orl    p1,#80h      ;set strobe high
595         nop
596         nop
597 label98:ret                 ;return
610                             ;
611                             ;
612         org    200h
613                             ;     ***main program***
614                             ;
620 label0: orl    p2,#0ffh     ;switch in 5kohm for 500ns
630         orl    p1,#0ffh     ;set ports
631         nop
632         nop
635         clr    a            ;set bus low
640         outl   bus,a
645 label2: jnt0   label8       ;if t0=0 then label8
650         jnt0   label2       ;really t0=1
655         call   comin        ;read iec command
660         jf1    label4       ;if listen=true then label4
665         jmp    label8       ;listen=false
670 label4: call   transmt      ;read data byte from iec
680                             ;write data byte to centronics
690 label6: jnt0   label4       ;if t0=0 then label4
695         jnt0   label6       ;really t0=1
700         call   comin        ;read iec command
705         jf1    label6       ;if listen=true then label6
710                             ;
715 label8: anl    p2,#7fh      ;enable power down
720         mov    a,#0feh      ;set timer 200us
725         mov    t,a
730         strt   t            ;start timer
735 label10:jtf    label12
740         jmp    label10      ;wait 200us
745 label12:stop   tcnt         ;stop timer
750         jmp    label0       ;start again
766                             ;
767                             ;
768         org    300h
800                             ;     ***ascii code tabel***
810         db     00h          ;
815         db     01h          ;
820         db     02h          ;
825         db     03h          ;
830         db     04h          ;
835         db     05h          ;
840         db     06h          ;
845         db     07h          ; bel
850         db     08h          ; bs
855         db     09h          ; ht
860         db     0ah          ; lf
865         db     0bh          ; vt
870         db     0ch          ; ff
875         db     0dh          ; cr
880         db     0eh          ;
885         db     0fh          ;
900                             ;
910         db     10h          ;
915         db     11h          ; dc1
920         db     12h          ;
925         db     13h          ; dc3
930         db     14h          ;
935         db     15h          ;
940         db     16h          ;
945         db     17h          ;
950         db     18h          ; can
955         db     17h          ;
960         db     1ah          ;
965         db     1bh          ; esc
970         db     1ch          ;
975         db     1dh          ;
980         db     1eh          ; rs
985         db     1fh          ; us
1000                            ;
1010        db     20h
1015        db     21h
1020        db     22h
1025        db     23h
1030        db     24h
1035        db     25h
1040        db     26h
1045        db     27h
1050        db     28h
1055        db     29h
1060        db     2ah
1065        db     2bh
1070        db     2ch
1075        db     2dh
1080        db     2eh
1085        db     2fh
1100                            ;
1110        db     30h          ;
1115        db     31h          ;
1120        db     32h          ;
1125        db     33h          ;
1130        db     34h          ;
1135        db     35h          ;
1140        db     36h          ;
1145        db     37h          ;
1150        db     38h          ;
1155        db     39h          ;
1160        db     3ah          ;
1165        db     3bh          ;
1170        db     3ch          ;
1175        db     3dh          ;
1180        db     3eh          ;
1185        db     3fh          ;
1200                            ;
1210        db     40h
1215        db     61h
1220        db     62h
1225        db     63h
1230        db     64h
1235        db     65h
1240        db     66h
1245        db     67h
1250        db     68h
1255        db     69h
1260        db     6ah
1265        db     6bh
1270        db     6ch
1275        db     6dh
1280        db     6eh
1285        db     6fh
1300                            ;
1310        db     70h          ;
1315        db     71h          ;
1320        db     72h          ;
1325        db     73h          ;
1330        db     74h          ;
1335        db     75h          ;
1340        db     76h          ;
1345        db     77h          ;
1350        db     78h          ;
1355        db     79h          ;
1360        db     7ah          ;
1365        db     5bh          ;
1370        db     5ch          ;
1375        db     5dh          ;
1380        db     5eh          ;
1385        db     5fh          ;
1400                            ;
1410        db     60h
1415        db     41h
1420        db     42h
1425        db     43h
1430        db     44h
1435        db     45h
1440        db     46h
1445        db     47h
1450        db     48h
1455        db     49h
1460        db     4ah
1465        db     4bh
1470        db     4ch
1475        db     4dh
1480        db     4eh
1485        db     4fh
1500                            ;
1510        db     50h          ;
1515        db     51h          ;
1520        db     52h          ;
1525        db     53h          ;
1530        db     54h          ;
1535        db     55h          ;
1540        db     56h          ;
1545        db     57h          ;
1550        db     58h          ;
1555        db     59h          ;
1560        db     5ah          ;
1565        db     7bh          ;
1570        db     7ch          ;
1575        db     7dh          ;
1580        db     7eh          ;
1585        db     7fh          ;
1600                            ;
1610        db     40h
1615        db     61h
1620        db     62h
1625        db     63h
1630        db     64h
1635        db     65h
1640        db     66h
1645        db     67h
1650        db     68h
1655        db     69h
1660        db     6ah
1665        db     6bh
1670        db     6ch
1675        db     6dh
1680        db     6eh
1685        db     6fh
1700                            ;
1710        db     70h          ;
1715        db     71h          ;
1720        db     72h          ;
1725        db     73h          ;
1730        db     74h          ;
1735        db     75h          ;
1740        db     76h          ;
1745        db     77h          ;
1750        db     78h          ;
1755        db     79h          ;
1760        db     7ah          ;
1765        db     5bh          ;
1770        db     5ch          ;
1775        db     5dh          ;
1780        db     5eh          ;
1785        db     5fh          ;
1800                            ;
1810        db     20h
1815        db     21h
1820        db     22h
1825        db     23h
1830        db     24h
1835        db     25h
1840        db     26h
1845        db     27h
1850        db     28h
1855        db     29h
1860        db     2ah
1865        db     2bh
1870        db     2ch
1875        db     2dh
1880        db     2eh
1885        db     2fh
1900                            ;
1910        db     30h          ;
1915        db     31h          ;
1920        db     32h          ;
1925        db     33h          ;
1930        db     34h          ;
1935        db     35h          ;
1940        db     36h          ;
1945        db     37h          ;
1950        db     38h          ;
1955        db     39h          ;
1960        db     3ah          ;
1965        db     3bh          ;
1970        db     3ch          ;
1975        db     3dh          ;
1980        db     3eh          ;
1985        db     3fh          ;
2000                            ;
2010        db     60h
2015        db     41h
2020        db     42h
2025        db     43h
2030        db     44h
2035        db     45h
2040        db     46h
2045        db     47h
2050        db     48h
2055        db     49h
2060        db     4ah
2065        db     4bh
2070        db     4ch
2075        db     4dh
2080        db     4eh
2085        db     4fh
2100                            ;
2110        db     50h          ;
2115        db     51h          ;
2120        db     52h          ;
2125        db     53h          ;
2130        db     54h          ;
2135        db     55h          ;
2140        db     56h          ;
2145        db     57h          ;
2150        db     58h          ;
2155        db     59h          ;
2160        db     5ah          ;
2165        db     7bh          ;
2170        db     7ch          ;
2175        db     7dh          ;
2180        db     7eh          ;
2185        db     7fh          ;
2200                            ;
2210        db     60h
2215        db     41h
2220        db     42h
2225        db     43h
2230        db     44h
2235        db     45h
2240        db     46h
2245        db     47h
2250        db     48h
2255        db     49h
2260        db     4ah
2265        db     4bh
2270        db     4ch
2275        db     4dh
2280        db     4eh
2285        db     4fh
2300                            ;
2310        db     50h          ;
2315        db     51h          ;
2320        db     52h          ;
2325        db     53h          ;
2330        db     54h          ;
2335        db     55h          ;
2340        db     56h          ;
2345        db     57h          ;
2350        db     58h          ;
2355        db     59h          ;
2360        db     5ah          ;
2365        db     7bh          ;
2370        db     7ch          ;
2375        db     7dh          ;
2380        db     7eh          ;
2385        db     7fh          ;
```

Listing 3. Quelltext zum Anwendungsbeispiel »Centronics-Interface« (Schluß)



Reparaturanleitungen: Commodore 64 und VIC 1541

Aufgrund der heutzutage sehr hohen Reparaturkosten spielen immer mehr Computerbesitzer, deren Gerät defekt ist, mit dem Gedanken, es selbst instandzusetzen. Meistens unterbleibt dies aber aufgrund fehlenden Fachwissens. Genau hier möchten die beiden Reparaturanleitungen des te-wi-Verlages Hilfestellung geben.

Es sei gleich davor gewarnt, den Begriff Anleitung allzu wörtlich zu nehmen. Ganz ohne Fachwissen im Bereich der Elektronik nutzen die Blätter nämlich wenig, beispielsweise sollte man einzelne Bauteile (Spannungsregler, Transistoren etc.) schon prüfen können. Dafür bieten die in Loseblattform gelieferten Anleitungen eine Fülle von Informationen zur Fehlersuche, komplette Schaltpläne und Bauteilelisten. Hier ist noch hervorzuheben, daß für jedes Bauteil – soweit möglich – Ersatztypen angegeben sind, wodurch Beschaffungsschwierigkeiten weitgehend beseitigt werden.

Als zeitsparend erweist sich die Zweiteilung der Blätter in »Vorbereitende Servicemaßnahmen« und »Reparaturanleitungen«. Hierdurch werden Fehlereingrenzung und Vorbereitung des Gerätes vorweggenommen. Danach kann man sehr zielstrebig an die Fehlersuche gehen.

Leider wird dem Bastler öfters ein Riegel vorgeschoben, indem zur Instandsetzung wenig vorhandene Geräte, wie Zweikanaloszilloskop, Frequenzzähler, Logiktester etc., verlangt werden. Da der Preis einer Neuanschaffung dieses Instrumentariums die Reparaturkosten um ein Vielfaches übersteigen würde, ist man auf fremde Hilfe angewiesen. Die Blätter sind daher nicht so sehr für den Elektroniklaien gedacht, bieten aber durch ihre Vielzahl an Informationen dem Elektronikprofi so viele Hilfen, daß der Reparaturerfolg fast nicht ausbleiben kann. Zudem gibt es ja noch die Möglichkeit, mit Computer oder Floppy und Reparaturanleitung zum befreundeten Elektronikfreak zu gehen und diesen die Instandsetzung durchführen zu lassen.





Wem diese Möglichkeiten nicht offenstehen, der kann es auch selbst versuchen; wenn man sich an die angegebenen Vorschriften hält, kann eigentlich nichts beschädigt werden. Die Fehlerursache ist vielleicht nicht schwerwiegend, aber kompliziert einzugrenzen, wobei die systematische Fehlersuche anhand der beiden Reparaturanleitungen sehr hilfreich ist.

Auf jeden Fall sind die Reparaturanleitungen sehr empfehlenswert, denn sie decken ein Gebiet ab, das bisher in der Fachliteratur gar nicht oder nur sehr am Rande behandelt wurde. (Guido Weckwerth/bj)

Reparaturanleitung Computer: Commodore 64, te-wi Verlag, ISBN: 3-921803-55-1, Preis: 29,80 Mark
Reparaturanleitung Computer: Floppy VIC 1541, te-wi Verlag, ISBN: 3-921803-67-5, Preis: 29,80 Mark

Halbleiter-Schaltungstechnik

Die erste Ausgabe dieses mittlerweile als Standardwerk für Elektroniker geltenden Buches erschien bereits 1969 und wurde jeweils von Auflage zu Auflage aktualisiert, sowie dem Stand der Technik angepaßt. Das Buch wurde für Studenten an Hoch- und Fachschulen geschrieben. Diese Tatsache ist auch aus den teilweise komplexen Formeln zu ersehen, für deren Verständnis Kenntnisse der höheren Mathematik erforderlich sind. Dem absoluten Anfänger in der Welt der Elektronik sei dieses Buch deshalb nur mit Einschränkungen empfohlen.

Teil 1 des Buches erläutert die Grundlagen elektronischer Bauelemente und die wichtigsten Grundschaltungen hiermit. Eingegangen wird nur auf aktive Bauelemente. Die einzige Ausnahme ist die Behandlung von passiven RC- und LRC-Netzwerken in Kapitel 2. Vermittelt werden Kenntnisse über Transistoren, Dioden, Operationsverstärker, digitale Grundschaltungen und optoelektronische Bauelemente. Zur Erklärung wird im Buch sehr stark Gebrauch von Kennlinien gemacht. Der Leser, der dieses Buch zur Hand nimmt, muß also schon die elementaren Grundlagen der Elektrotechnik beherrschen.

Der weitaus umfangreichere Teil zwei des Buches ist anwendungsorientiert aufgebaut. Es wird eine breite Palette von Schaltungen, die mit den in Teil eins erläuterten Bauelementen aufgebaut sind, behandelt. Überwiegend handelt es sich hier aber auch wieder um Grundschaltungen, die in größeren Schaltungsprojekten Anwendung finden können. Daher ist das Werk nicht nur zum Erlernen von Grundlagen gut, sondern stellt auch für die Praxis ein Nachschlagewerk mit einer Fülle von Ideen und Anregungen dar. Von Auflage zu Auflage nimmt die digitale Schaltungstechnik und die Mikroprozessortechnik einen immer breiteren Raum in dem Buch ein. Für die Mikroprozessortechnik werden dabei Hard- und Software-Aspekte gleichberechtigt ausführlich erläutert. Die einzelnen Kapitel in Teil zwei können im Gegensatz zu den Kapiteln in Teil eins unabhängig voneinander durchgearbeitet werden. Durch diese Aufteilung bietet das Buch sowohl gut erlernbares Grundlagenwissen wie auch konkrete Hilfe bei speziellen Schaltungsentwicklungen.

Fazit: Der fortgeschrittene Schaltungsentwickler mag dieses Buch sobald nicht mehr missen und auch für den engagierten Hobbybastler ist es eine große Hilfe, wenn er das Buch stets griffbereit zur Hand liegen hat. (H. Zwartscholten/bj)

U.Tietze-Ch.Schenk, Halbleiter-Schaltungstechnik, 8. Auflage, Springer-Verlag, 872 Seiten, ISBN: 3-540-09848-8, Preis: 118 Mark

Fachkunde Informationselektronik

Dieses von neun Autoren verfaßte Werk umfaßt einen breiten Querschnitt der Elektrotechnik, angefangen bei den elementaren Grundlagen wie Spannung, Strom und Widerstand bis hin zur digitalen Schaltungs- und Datentechnik. Den Schwerpunkt bildet dabei die Elektronik, aber auch die Gebiete Energietechnik und Elektrochemie werden angesprochen.

Aufgrund der Fülle der Informationen, die dieses Buch beinhaltet, sind die einzelnen Abschnitte sehr kompakt gehalten.

Zu vielen Formeln werden erläuternde Beispiele und Aufgabenstellungen gebracht. Viel Wert wurde auf eine Auflockerung des Textes durch begleitende Bilder, Kennlinien und Tabellen gelegt. Dies erleichtert das Erlernen des Dargebrachten erheblich.

Das erste Viertel des Buches befaßt sich mit den allgemeinen Grundlagen der Elektrotechnik. Im Teil zwei wird dann die Anwendung dieser Grundlagen behandelt. Das Gebiet Messen, Steuern und Regeln ist Thema des dritten Teils. Die Grundlagen und die Anwendung der digitalen Schaltungstechnik kommen ebenfalls in diesem Teil des Buches zur Sprache. Der vierte und letzte Teil schließlich behandelt die Datentechnik. Es wird auf die Grundlagen der Datenverarbeitung eingegangen und die Mikrocomputer/-prozessortechnik kurz beleuchtet, wobei auch die Software-Seite anhand der Programmiersprachen Fortran und Basic vertreten ist. Am Schluß jeden Teilkapitels werden mehrere Aufgaben zur Wiederholung und Vertiefung des Stoffes angeboten. Da die Aufgabenlösungen leider nicht im Buch enthalten sind, muß die korrekte Lösung im Text des zutreffenden Kapitels gesucht werden.

Das Buch ist sehr gut geeignet für jemand, der die Grundkenntnisse der Elektrotechnik/Elektronik erlernen möchte und auch für eine eventuelle spätere Spezialisierung eine Orientierungshilfe benötigt. Auch für den erfahrenen Praktiker ist das Buch als Nachschlagewerk immer ein gutes Hilfsmittel.

(H. Zwartscholten/bj)

Fachkunde Informationselektronik, Häberle, Röcker u. a., Europa-Lehrmittel-Verlag, 540 Seiten, ISBN: 3-8085-3231-9, Preis: 47 Mark



Fachbuchreihe Elektronik, Band 4: Digitaltechnik

Wer seinen Computer erweitern, umbauen, reparieren oder Steuerungsaufgaben mit ihm realisieren will, benötigt gute Kenntnisse der digitalen Schaltungstechnik. Zur Einarbeitung in dieses faszinierende Teilgebiet der Elektronik ist das vorliegende Buch hervorragend geeignet. Von seinem Aufbau her kann man es sowohl als unterrichtsbegleitendes Buch als auch zum Selbststudium verwenden. Die meisten Kapitel des Buches können ohne Vorkenntnisse durchgearbeitet werden, nur bei wenigen benötigt man geringe Grundkenntnisse der Elektronik.

Die Zusammenhänge und Grundlagen werden schrittweise, ausgehend von elementaren Begriffen wie digitale Größendarstellung, logische Verknüpfungen, Schaltalgebra etc., sehr detailliert, übersichtlich und verständlich dargestellt. Ein leider nicht so gut gelungenes Kapitel ist die Beschreibung der Karnaugh-Diagramme. Es wird hier eine unübliche und schwer zu verstehende Darstellungsart dieser Diagramme gewählt. Das Kapitel kann darum bei der Durcharbeitung des Buches getrost übergangen werden, da es mehr verwirrt als weiterbringt. Dies ist aber der einzige Minuspunkt des Buches. Für den Rest des Buches muß man dem Autor bescheinigen, daß er es schafft, die wesentlichen Inhalte und Zusammenhänge der Digitaltechnik prägnant und klar herauszustellen und zu vermitteln.

In erster Linie ist das Buch natürlich zum Erlernen der Digitaltechnik gedacht. Die Fülle der Informationen und die klare Darstellungsweise machen es aber auch zu einem nicht zu unterschätzenden Nachschlagewerk, in das man immer wieder gerne hineinschaut.

Damit der Lernerfolg auch meßbar wird, ist am Ende der Kapitel ein Lernzieltest mit verschiedenen Aufgaben vorhanden. Ob man die Aufgaben richtig gelöst hat, erfährt man im letzten Kapitel, denn hier sind sämtliche Lösungen verzeichnet.

Das Buch kann mit gutem Gewissen jedem empfohlen werden, der die Digital- und Computertechnik zu seinem Hobby gemacht hat oder machen möchte und Informationen über dieses Thema sucht. Nach einer gründlichen Durcharbeitung wird einem kaum noch theoretisches Wissen über die Digitaltechnik fehlen.

(H. Zwartscholten/bj)

Digitaltechnik, Band 4 aus der Reihe »Elektronik«, 4. überarbeitete Auflage 1985, Klaus Beuth, Vogel-Verlag Würzburg, 532 Seiten, ISBN: 3-8023-0584-1, Preis: 68 Mark

Heimcomputer-Bastelkiste

Für alle Freunde der Meß-, Regel- und Steuertechnik ist aus dem Falken-Verlag das Buch »Heimcomputer-Bastelkiste« von Gerhard A. Karl erschienen. Obwohl es nicht speziell für C 64-Besitzer geschrieben wurde, ist es auch für diese eine wahre Fundgrube. In fünf Kapiteln werden sowohl soft- als auch hardwaremäßige Grundlagen der Steuer-, Meß- und Regeltechnik für den interessierten Anwender geschaffen, um mit den geläufigsten Heimcomputern selbst komplexe Abläufe zu überwachen. Die Programme für die vorgeschlagenen Anwendungen und deren Realisierung sind in Basic geschrieben, wobei die Listings in ihrem Aufbau jedoch geräteunabhängig beschrieben werden.



Kapitel eins beschreibt allgemein und kurz den Aufbau eines Heimcomputers. Im zweiten Kapitel behandelt der Autor unter der Überschrift »Computer steuern und regeln« die softwaremäßigen Voraussetzungen, um die später beschriebenen Schaltungen betreiben zu können. Hier wird sowohl Basic als auch Maschinensprache für 6502/6510- und Z80-Prozessoren vorgestellt, wobei dieses Kapitel natürlich keinen Basic-, beziehungsweise Assembler- und Maschinensprachelehrgang oder entsprechende Literatur ersetzen kann. Vielmehr wird aufgezeigt, wie man mit den zur Verfügung stehenden Befehlen auf dem Gebiet der Steuer-, Meß- und Regeltechnik überhaupt arbeitet. Im dritten Kapitel werden die nötigen Verbindungen zwischen dem Computer und der »Außenwelt« behandelt. Der Autor erklärt dabei ausführlich den Sinn und Zweck von Schnittstellen. Um Bauelemente an Daten-, Adreß- und Steuerbus anschließen zu können, werden die Bauanleitungen für die Buspufferung und Decodierung besprochen. Die gebräuchlichsten Schnittstellenbausteine für 6502- und Z80-Prozessoren werden ebenso beschrieben wie auch Tips, einfache Schnittstellen mit Hilfe von TTL-Bauteilen herstellen zu können. In Kapitel vier behandelt der Autor alle wichtigen Bauelemente wie Transistoren, Thyristoren, Triacs, Relais, LEDs und ähnliche. Das letzte Kapitel bietet Ihnen viele Schaltungsbeispiele für die Heimcomputer C 64, Sinclair, MSX, Apple II, MC, Atari und Tandy. Da alle Schaltungen auf dem gleichen Prinzip aufbauen, lassen sie sich ohne großen Aufwand an alle beschriebenen Computer anschließen. Lediglich die Steuerprogramme müssen dem Computer-Typ angepaßt werden. Es wird dabei gezeigt, wie Sie Ihren Heimcomputer als Meß-, Telefon- oder Sprachcomputer einsetzen können. Ebenso finden Funkamateure, Modelleisenbahner und Energieeinsparer diverse Bauanleitungen, um ihren Computer zweckmäßig verwenden zu können. Im ausführlichen Anhang des Buches befindet sich für alle Computer, die keine eingebaute Schnittstelle besitzen, ein Schaltungsvorschlag für eine parallele Schnittstelle.

Das Buch ist verständlich geschrieben, läßt sich flüssig lesen und hilft, die Hemmschwelle zu überwinden, zum Lötkolben zu greifen und mit dem Computer zu experimentieren.

(Ch. Q. Spitzner/bj)

Gerhard A. Karl, Heimcomputer-Bastelkiste, Falken-Verlag, 255 Seiten, ISBN 3-8068-4309-0, Preis: 39 Mark

Werkbuch Elektronik

Den Titel Werkbuch der Elektronik verdient das Buch mit Recht. Es bietet Information für jede nur erdenkliche Seite der Hobbyelektronik. Dies reicht von allgemeinen Formeln und Elektrogrundlagen über Kniffe und Tricks aus der Hobbywerkstatt bis hin zu Daten und Kennlinien ausgewählter Bauelemente. Das Buch faßt eine Unmenge von Wissenswertem zusammen, ohne das man bei der Elektronikbastelei kaum auskommt.

Vorteilhaft ist dabei die Konzentration auf ein Buch, so daß man auf der Suche nach Information nicht in vielen Büchern suchen muß. Der Wert der Informationen hat hierdurch keineswegs gelitten, im Gegenteil, Wissenswertes wird ohne unnötigen Ballast kurz, prägnant und gebrauchsfertig serviert, alles ist vorhanden und durch ein detailliertes Sachwortregister auch leicht zu finden. Grundlagen der Elektrotechnik sind ebenso ein Thema wie die digitale Schaltungstechnik, Transistorgrundschaltungen oder das Verfahren zum Herstellen gedruckter Schaltungen.

Aufgeteilt ist das Buch in zwei große Kapitel. Dies sind:
- Praktische Grundlagen
- Entwurfsdaten der Elektronik und
- Elektronische Bauelemente für den Schaltungsentwurf, Aufbau, Eigenschaften, Werte, Bauformen und Berechnungen aus der Praxis

Diese Kapitelüberschriften vermitteln nur einen sehr groben Einblick in die Themenvielfalt. Für eine genauere Aufschlüsselung reicht der Platz an dieser Stelle leider nicht, deshalb folgt nur eine kleine Auswahl der wichtigsten Themen.
- Tabellen und Normen mechanischer und elektrischer Daten
- Kennzeichnung und Codierung von Bauelementen
- Begriffe, Definitionen und Schaltungen der Digitaltechnik
- Die Mechanik in der Elektronik
- Die Printplatte
- passive Bauelemente
- aktive Bauelemente
- Berechnung von Verstärkern
- Entwurf von Netzteilen

Kurz und gut, das Buch ist, wie schon erwähnt, geeignet für alle, die mit Elektronik zu tun haben, sei es nun als Hobby oder im Beruf. Das Geld, das man in dieses Buch investiert, ist mit Sicherheit gut angelegt.

(H. Zwartscholten/bj)

Werkbuch Elektronik, 4. Auflage, Dieter Nührmann, Franzis Verlag München, 1218 Seiten, ISBN: 3-7723-6541-8, Preis: 108 Mark

Lexikon der modernen Elektronik

Das Verständnis von Computer-Hardware und moderner Elektronik gewinnt in unserer hochtechnisierten Gesellschaft immer mehr an Bedeutung.

Sei es nun der »maschinennahe« Assembler-Programmierer, der sich zur Entwicklung spezifischer Software immer mehr an der Hardware orientieren muß, der technisch/naturwissenschaftlich interessierte Leser oder auch der Elektronikbastler – bei der Lektüre fachspezifischer Bücher, Zeitschriften und Magazinen, insbesondere englischsprachiger Literatur, trifft man nicht selten auf Grenzen, die selbst ein herkömmliches Lexikon oder Übersetzungsstandardwerke bei weitem überfordern.

Sowohl englischer und deutscher Fachterminologie als auch dem grundlegenden »Know-how« moderner Elektronik widmet sich dieses Fachlexikon mit über 3000 Fachbegriffen aus den Bereichen allgemeine und Mikroelektronik, Mikrocomputertechnik sowie der Software.

Das Lexikon selbst ist in erster Linie nach englischen Begriffen und Abkürzungen geordnet, wobei dem Fachbegriff direkt die Übersetzung folgt. Die Sortierung nach englischen Begriffen erleichtert zwar die Übersetzung, erschwert jedoch dem lediglich deutschsprachigen Leser die Suche nach einem Fachbegriff oder Funktionsprinzip. Abhilfe schafft hier ein 31 Seiten starkes deutsch/englisches Schlagwortregister, in dem jedem deutschen Begriff das englische Äquivalent zugeordnet ist. An dieser Stelle wäre es von Vorteil gewesen, dieser Aufstellung gleich noch die Seitenzahl im Buch beizufügen, unter der dieser Begriff zu finden ist, worauf leider verzichtet wurde.



Wie üblich bei Lexika, kann man das »Lexikon der modernen Elektronik« trotz zahlreicher Querverweise nicht als Lehrbuch, sondern nur als Nachschlagewerk ansehen, da eine erschöpfende Darstellung der Materie den Rahmen jedes Buches sprengen würde.

Gut geeignet ist dieses Fachlexikon für alle, die in Freizeit, Beruf und Studium oft mit Fachbegriffen aus dem Bereich Elektronik konfrontiert werden und einfache, aber verständliche Information sowie weiterführende Schlagworte hierzu benötigen.

(Olliver Trottno/bj)

Wolfgang Jacobsen, Lexikon der modernen Elektronik, Markt&Technik Verlag AG, ISBN: 3-89090-080-1, 280 Seiten, Preis: 52 Mark

Taschentabelle integrierter Schaltungen (linear)

Der Inhalt der Taschentabelle sind lineare integrierte Schaltungen. Aufgeführt werden Spannungsregler, NF-Vorverstärker, Operationsverstärker, Komparatoren und sonstige Spezial-ICs. Am Anfang des Buches steht eine sortierte Tabellen die beim Suchen von bestimmten Typen hilft. Im Datenteil sind alle ICs nach Art und Verwendungsgebiet aufgeschlüsselt mit Grenz- und Kenndaten aufgeführt. Den Abschluß bilden im dritten Teil Gehäusebauformen und Anschlußzeichnungen.

Taschentabelle integrierter Schaltungen (digital)

Vom Aufbau her gleicht dieses Buch dem vorher beschriebenen gleichen Namens. Es werden hier aber alle digitalen ICs beschrieben. Dies geht von den TTL-Typen bis zu den CMOS-Schaltungen. Beschrieben werden Gatter, Flip-Flops, Speicher, Schieberegister, Multiplexer etc.

Taschentabelle integrierter Schaltungen, 3. Auflage, Band 1 linear, Müller, Franzis Verlag 1975, 654 Seiten, ISBN: 3-7723-6041-6, Preis: 58 Mark
Band 2 digital, 2. Auflage, Müller, Franzis-Verlag 1978, 594 Seiten, ISBN 3-7723-6401-2, Preis: 58 Mark

Intel-Fachbücher

Neben den allgemeinen Datenbüchern werden von den Herstellern spezielle Datenbücher angeboten.

Zum Thema Mikroprozessoren sollen hier drei Datenbücher der Firma Intel aufgeführt werden. Dies sind das zweibändige Microsystem Components Handbook und das Memory Components Handbook.

Im ersten Buch sind die Intel-Mikroprozessoren und Intel-Peripheriebausteine beschrieben. Das Memory Components Handbook beschreibt Speicherbausteine.

Die Ausführungen über die einzelnen Komponenten sind äußerst detailliert gehalten. Neben den Grenz- und Kenndaten sind Anschlußbeschreibungen, Zeitdiagramme und Funktionsbeschreibungen vorhanden. Applikationen fehlen ebensowenig wie Beispielprogramme in Fortran, PL/M oder Assembler.

Eine gute Portion Grundwissen zum Thema Mikrocomputer kann zusätzlich zu den Daten der ICs aus diesen Büchern entnommen werden. Leider gibt es diese Bücher nur in englischer Sprache. Für den interessierten Leser und »stark vorbelasteten« Elektronikbastler dürfte dies aber kein allzugroßes Hindernis sein. (H. Zwartscholten/bj)

Microsystem Components Handbook, Intel, Vol I und II, ISBN: 0-917017-22-6, Preis: zusammen 98 Mark
Memory Components Handbook, Intel, Order Number: 210830-005, Preis: 62 Mark

Daten- und Vergleichstabellen

Jeder Elektronikbastler und Schaltungsentwickler benötigt ab und zu Daten über elektronische Bauelemente. Diese Daten können am besten aus Datenbüchern, Vergleichstabellen oder Datenblättern der Hersteller erfaßt werden. Für den reinen Schaltungsnachbauer empfiehlt sich die Anschaffung von Vergleichstabellen, da er nur ab und zu einen bestimmten Ersatztyp für ein Bauelement benötigt und ihn die genauen Grenz- und Kenndaten weniger interessieren. Detaillierte Datenbücher sind dagegen bei der Neuentwicklung oder Modifizierung von Schaltungen unerläßlich. Um Ihnen einen kleinen Überblick über die Vielzahl dieser Werke zu geben, möchten wir im folgenden eine kleine Aufstellung mit einer kurzen Inhaltsangabe geben.

ECA-TVT

Von dieser Transistorvergleichstabelle gibt es zwei Bände. Im Band eins sind die europäischen Typen von A bis Z und im Band zwei amerikanische und japanische Typen wie 2N, 3N, 2S zusammengefaßt. Zu jedem Transistor werden die wichtigsten Grunddaten und mehrere vergleichbare oder bessere Ersatztypen zusammengestellt.

Umfang: Auf 400 Seiten im Taschenbuchformat etwa 5000 Transistoren im ersten Band und 8000 im zweiten. Dazu kommen rund 25 000 beziehungsweise 40 000 Vergleichstypen.

ECA-DDV

Ebenso wie bei der TVT ist die Dioden-Daten- und Vergleichstabelle in zwei Bände aufgeteilt. Die DDV ist ein kombiniertes Daten- und Vergleichslexikon im Format DIN A5. Außer den genauen Daten findet man also auch noch eine Vergleichstypenliste für jede Diode.

ECA-TVT,
Band 1: Michael Fischer, Electronic & Acustic GmbH, 340 Seiten, ISBN: 3-88109-010-X, Preis: 14,20 Mark
Band 2: Michael Fischer, Electronic & Acustic GmbH, 504 Seiten, ISBN: 3-88109-011-8, Preis: 16,80 Mark

ECA-DDV,
Electronic & Acustic GmbH,
Band 1: 648 Seiten, ISBN: 3-88109-021-5, Preis: 38,80 Mark
Band 2: 526 Seiten, ISBN: 3-88109-022-3, Preis: 35,80 Mark

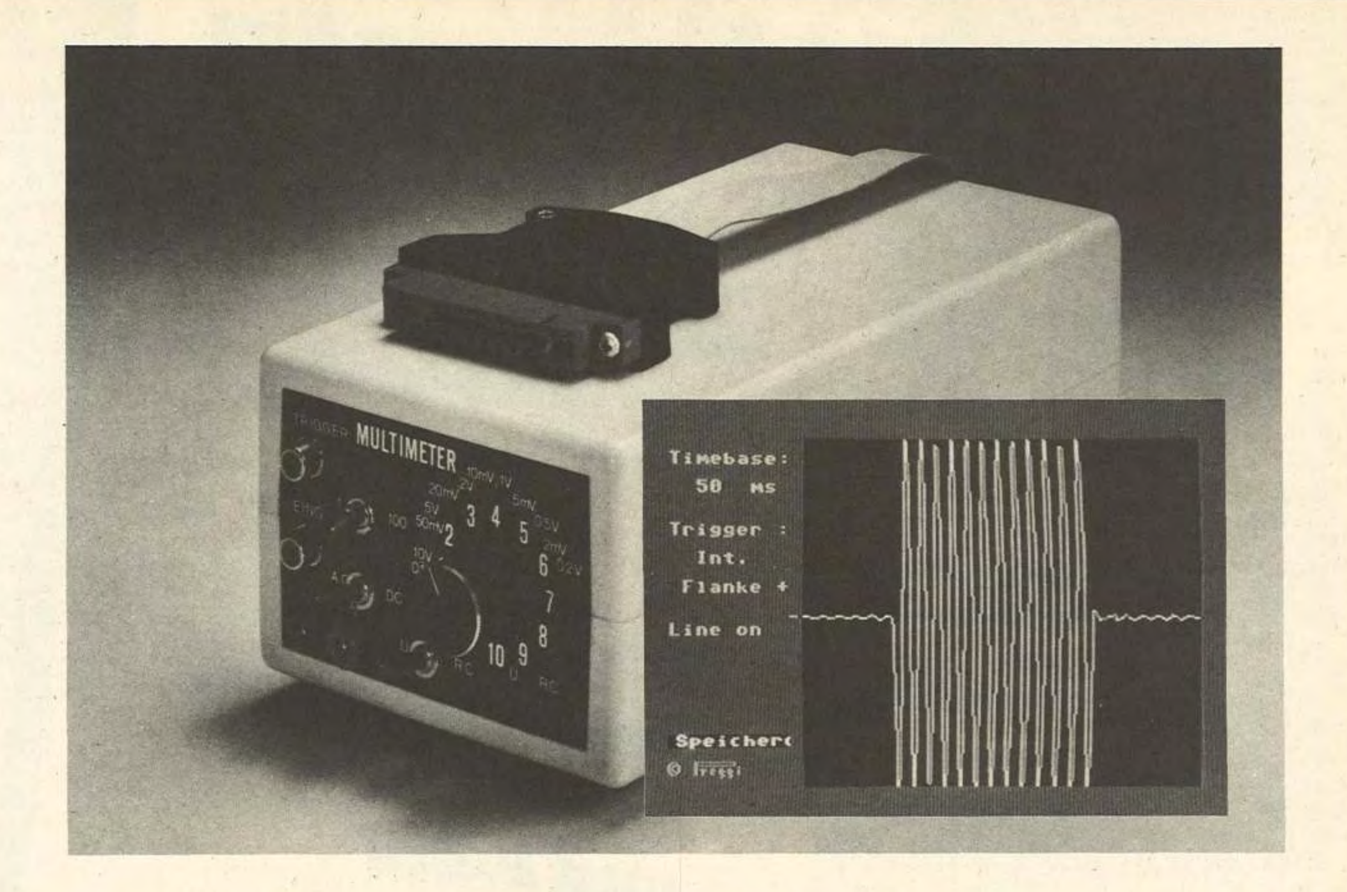
Transistor-Taschen-Tabelle

Der Name täuscht etwas über das Format des Datenbuchs hinweg, denn in die Tasche stekken können Sie das Buch nicht. Dafür ist es einfach zu dick. Es finden sich dort detaillierte Daten über 23 000 Transistoren. Aufgeführt sind alle Typen von A bis 2S, also außer den europäischen auch amerikanische und japanische Typen. Wie in einem solchen Tabellenbuch üblich, findet man natürlich auch alle Gehäuse und Anschlußschemata der beschriebenen Transistoren.

(H. Zwartscholten/bj)

Transistor-Taschen-Tabelle, 13. Auflage, Steidle, Franzis Verlag München, 424 Seiten, ISBN: 3-7723-5442-4, Preis: 38 Mark





Der Alleskönner

Haben Sie schon ein Speicheroszilloskop, ein Digitalvoltmeter, ein Widerstandsmeßgerät und ein Kapazitätsmeßgerät? Hier finden Sie eine Bauanleitung, mit der Sie all dies in einem Gerät verwirklichen können, anschlußfertig am C 64.

Das Multimeter ist für alle interessant, die einen C 64 besitzen und Elektronik als Hobby oder semiprofessionell betreiben. Die Kosten für die Anschaffung eines Speicheroszilloskops, eines Digitalvoltmeters, eines Widerstandsmeßgerätes und eines Kapazitätsmeßgerätes sind nicht gering. Dieses Multimeter ist eine preiswerte Lösung. In der Tabelle 1 finden Sie alle wichtigen Daten des Multimeters im Überblick.

Das Meßgerät wird mit dem User-Port des C 64 verbunden. Beim Anschluß ist unbedingt auf die richtige Orientierung des User-Port-Steckers zu achten. Außerdem sollte der Stecker nur bei ausgeschaltetem Computer angeschlossen werden.

Kommen wir zunächst zum Steuerprogramm (Listing 1) für das Multimeter. Wenn Sie das Programm in den Computer eingegeben haben, dann speichern Sie es zuerst.

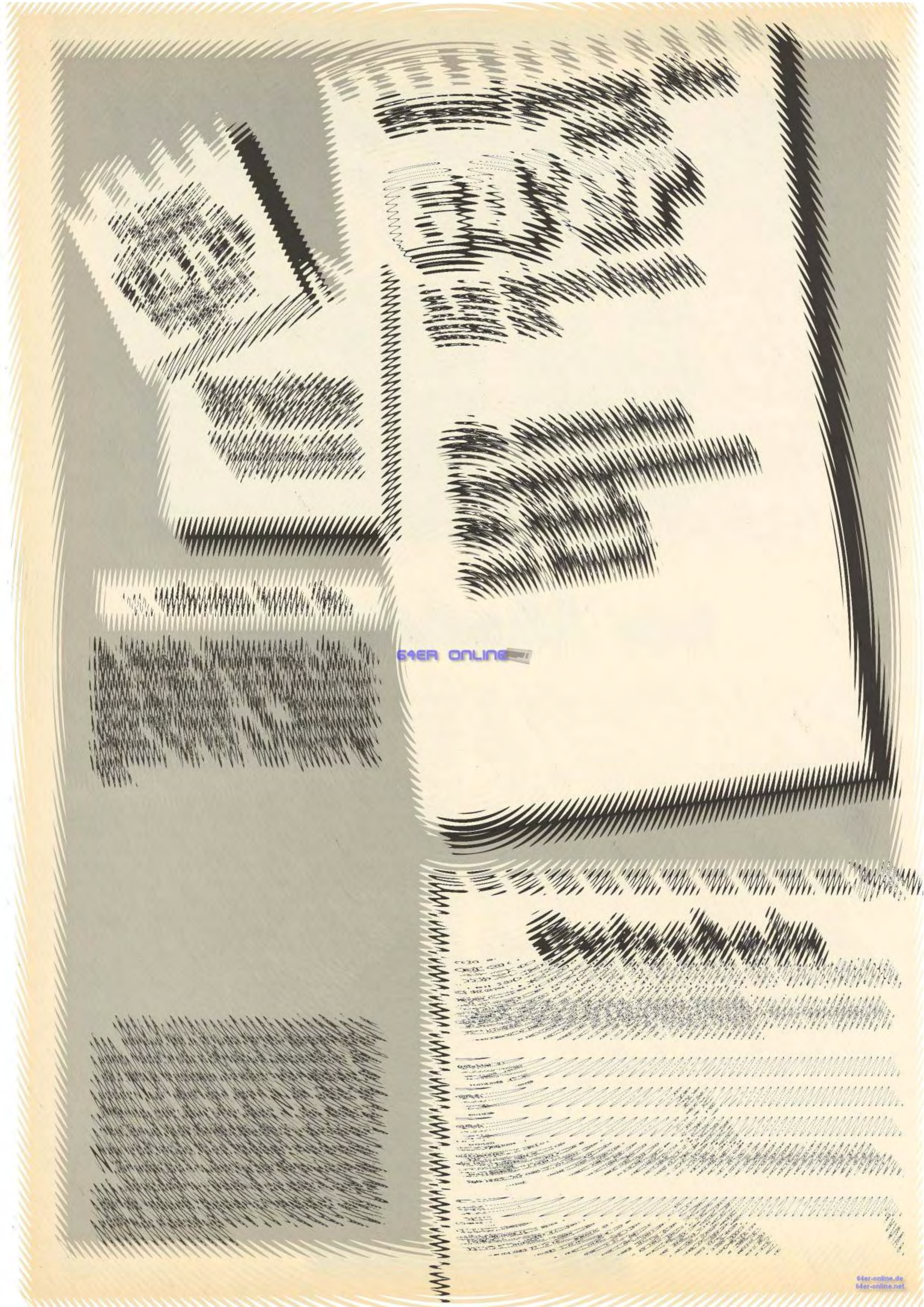
Das Speicheroszilloskop

Nach dem Starten durch <RUN> befindet man sich im Hauptprogramm. Die Bildschirmgrafik (Bild 1) in diesem Programmteil besteht aus dem Oszilloskopfenster, in dem das Meßergebnis in hochauflösender Grafik dargestellt wird. Die eingestellten Meßparameter werden links in einer Testspalte angezeigt. Mit den Tasten <V>, <H>, <SHIFT+V> und <SHIFT+H> können Sie die voreingestellte Farbwahl auf Ihren persönlichen Geschmack einstellen. Die Funktionstaste <F5> führt zurück zur vorgegebenen Farbwahl. Mit der Taste <F7> kann man das Raster im Oszilloskopfenster ein- und ausschalten, was manchmal notwendig sein wird, um verdeckte Linien sichtbar zu machen. Die Zeitbasis und die am Y-Verstärker eingestellten Werte beziehen sich übrigens auf dieses Raster.

Mit <L> löscht man das Oszilloskopfenster von allen zuvor durchgeführten Messungen. Die zuletzt aufgenommene Messung bleibt aber nach wie vor im Speicher bestehen und kann durch die Taste <D> wieder auf dem Bildschirm angezeigt werden. Die primäre Funktion dieser Taste besteht aber in der Ein- und Ausschaltung des LINE-Befehls. Nach dem Start ist der Modus »LINE OFF« eingestellt. In der linken Textspalte wird es angezeigt. Solange keine Messung im Speicher ist, hat das Betätigen der <D>-Taste nur ein Umschalten des LINE-Befehls zur Folge (»LINE ON« oder »LINE OFF«). Die Wirkung auf die Darstellung der Meßwerte ist dabei folgende: Ist bei »LINE ON« zwischen zwei zeitlich benachbarten Meßwerten eine große Spannungsdifferenz, so verbindet das Programm diese beiden auf dem Bildschirm scheinbar nicht zusammengehörenden Punkte durch eine Linie und dient so einer besseren Übersichtlichkeit. Überprüfen Sie die Wirkung einmal an einer Rechteckspannung. Die sonst nicht sichtbaren Flanken des Rechtecks werden so durch eine Linie sichtbar gemacht.

Doch nun zu den Unterprogrammen, die die Meßparameter bestimmen. Mit Hilfe der Taste <F1> verläßt man das Hauptprogramm und befindet sich im TIMEBASE-Modus. Dies wird durch reverse Darstellung des Wortes »Timebase« in der linken Textspalte angezeigt.

In diesem Unterprogramm können Sie nun mit Hilfe der Tasten <,> und <.> die gewünschte Zeitbasis einstellen.



Nach dem Programmstart sind 50 ms/div vorgegeben. Sie haben die Wahl zwischen 20 Zeitbasen von minimal 0,3 ms/div bis maximal 1000 s/div. Nach dem Einstellen der gewünschten Timebase, die oben in der Textspalte angezeigt wird, muß dieses Unterprogramm durch Drücken der Taste <F2> wieder verlassen werden. Die reverse Darstellung von Timebase verlischt daraufhin und man befindet sich wieder im Hauptprogramm.

Mit Hilfe der Taste <F3> gelangt man aus dem Hauptprogramm in den Triggermodus, der wiederum durch das revers dargestellte Wort »Trigger« angezeigt wird. In diesem Unterprogramm werden die Parameter eingestellt, die später den Start der Messung bestimmen. Es gibt drei verschiedene Möglichkeiten der Triggerung:

1. Mit <E> wird eine externe Auslösung gewählt. Das heißt, der am Meßgerät so beschriftete Anschluß muß zur Meßauslösung auf Masse gelegt werden.
2. Das Betätigen der <S>-Taste bestimmt die Taste <SPACE> als Meßauslöser.
3. Die dritte Variante ist eine interne Triggerung, die durch die Taste <I> gewählt wird. Der eingestellte Modus wird in der Mitte der Textspalte angezeigt.

Der wohl meistgebrauchte Modus ist die interne Triggerung. Hierbei müssen noch zwei weitere Parameter festgelegt werden. Erstens kann man die Triggerspannung mit Hilfe der Tasten <,> oder <.> variieren. Ein kleiner Balken an der linken Seite des Oszilloskopfensters zeigt die jeweils eingestellte Spannung an. Zweitens kann mit <+> oder <-> die auslösende Flanke bestimmt werden. Nach Beendigung dieser Einstellung wird das Unterprogramm wieder durch Betätigen der Taste <F4> verlassen, worauf die reverse Darstellung von »Trigger« erlischt.

Jetzt wird gemessen

Kommen wir nun zum eigentlichen Meßvorgang. Vor Beginn der Messung muß am Meßgerät der Wahlschalter RC/U in Stellung U gebracht werden. Der Meßmodus wird im Hauptprogramm durch die Taste <RETURN> ausgelöst. Sie erkennen dies auf dem Bildschirm durch die reverse Darstellung des Wortes »Messung«. Während der Messung nimmt das Programm keine Befehle von der Tastatur an, mit Ausnahme des Notausgangs <RESTORE>. Ist die Messung beendet, befindet man sich automatisch wieder im Hauptprogramm und das aufgenommene Oszillogramm ist auf dem Bildschirm zu sehen. Bei der Messung können folgende Probleme auftreten:

a) Nach Erscheinen der Anzeige »Messung« tut sich nichts mehr. Vermutliche Ursache dafür ist ein falsch eingestellter Trigger. Das Programm wartet nämlich, bis die im Triggermodus spezifizierten Ereignisse eintreten und beginnt erst dann mit der Messung. Abhilfe schafft Drücken der Taste <RESTORE> und die Änderung der falsch eingestellten Parameter.
b) Man hat versehentlich eine viel zu große Zeitbasis eingestellt und muß im ungünstigsten Fall 10000 Sekunden warten, bis die angefangene Messung beendet ist. Abhilfe schafft auch hier die <RESTORE>-Taste und eine Neueinstellung der Timebase.
c) Nach Beendigung der Messung ist kein Oszillogramm auf dem Bildschirm zu sehen. In diesem Fall wurde wahrscheinlich ein viel zu empfindlicher Meßbereich gewählt. Deshalb liegen alle Meßwerte außerhalb der Bildschirmanzeige. Hier empfiehlt sich eine neue Messung mit wesentlich verringerter Empfindlichkeit.

Eine weitere Besonderheit des Meßvorgangs ist folgende: Bei Zeitbasen unter 0,1 s verlischt für die Zeit der Messung der Bildschirm, und das Meßergebnis wird erst nach Beendigung der Messung auf dem Bildschirm gezeigt. Bei den übrigen Zeiten werden die Meßwerte im Augenblick der Messung auf dem Bildschirm dargestellt.

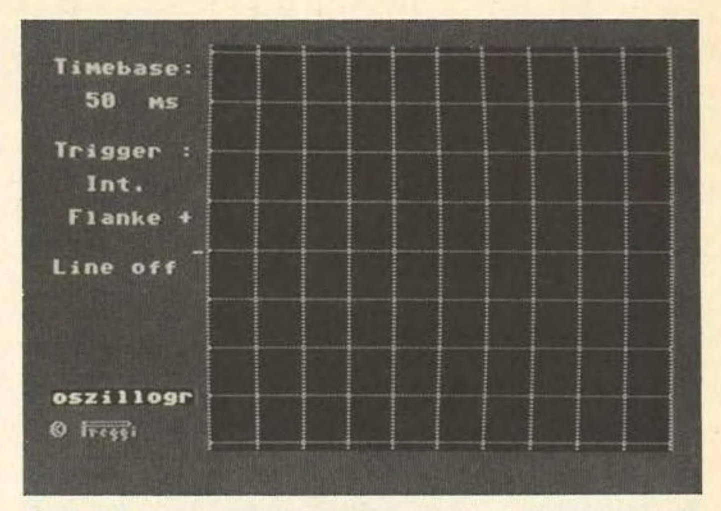


Bild 1. Das Hauptmenü (Speicheroszilloskop). Hier können Sie alle Parameter einstellen, Messungen durchführen oder das Untermenü (Bild 2) aufrufen. Im Bild auf Seite 83 sehen Sie eine Messung bei ausgeschaltetem Raster.

Möchte man ein Oszillogramm zum Zwecke des Vergleichs mit anderen Messungen speichern, so wählt man mit <S> den Seitenwahlmodus. Die Bildschirmdarstellung hat sich nun insofern geändert, daß auf die Darstellung der Triggermodi verzichtet wird und dafür eine Seitenzahl erscheint. Mit den Tasten <,> und <.> können Sie nun in den 64 zur Verfügung stehenden Seiten blättern.

Nach Auswahl dieses Unterprogramms wird automatisch die nächste freie Seite angezeigt. Mit <F1> gelangt man in den Speichermodus, der durch reverse Darstellung des Wortes »Speichern« angezeigt wird. Betätigt man nun die Taste <RETURN>, so wird das auf dem Bildschirm sichtbare Oszillogramm im Speicher unter der angegebenen Seitenzahl mitsamt der zugehörigen Timebase abgelegt und diese Seite als belegt gekennzeichnet. Sollte man versehentlich in den Speichermodus gelangt sein, kann dieser mit <F2> wieder verlassen werden.

Der Vergleich verschiedener Meßergebnisse muß im Seitenwahlmodus vorgenommen werden. Die Tasten <L>, <D> und <F7> haben hier die gleiche Bedeutung wie im Hauptprogramm. Durch Betätigen der Taste <RETURN> wird das unter der am Bildschirm angezeigten Seitenzahl abgelegte Oszillogramm mit der dazugehörigen Zeitbasis angezeigt. Wiederholtes Drücken von <RETURN> läßt diese Messung wieder verschwinden. So ist es möglich, beliebig viele Oszillogramme übereinanderzulegen und bestimmte Messungen wieder zu löschen, ohne gleich den gesamten Bildschirm mit der <L>-Taste löschen zu müssen. Die Taste <←> bringt Sie wieder zurück in das Hauptprogramm.

Floppy und Drucker ansprechen

In das Untermenü für Floppy und Drucker gelangt man durch Drücken der Taste <P>, sowohl aus dem Hauptprogramm als auch aus dem Seitenwahlmodus. Sie haben nun die Wahl zwischen Laden, Speichern, Drucken und zurück zum vorherigen Programmpunkt.

Drucken: Wählt man diesen Punkt, so wird auf allen Epson-Druckern eine Hardcopy des aktuellen hochauflösenden Bildes gedruckt. Eventuelle Fehlermeldungen werden im untersten Feld ausgegeben.

Laden: Wird dieser Menüpunkt gewählt, springt der Cursor

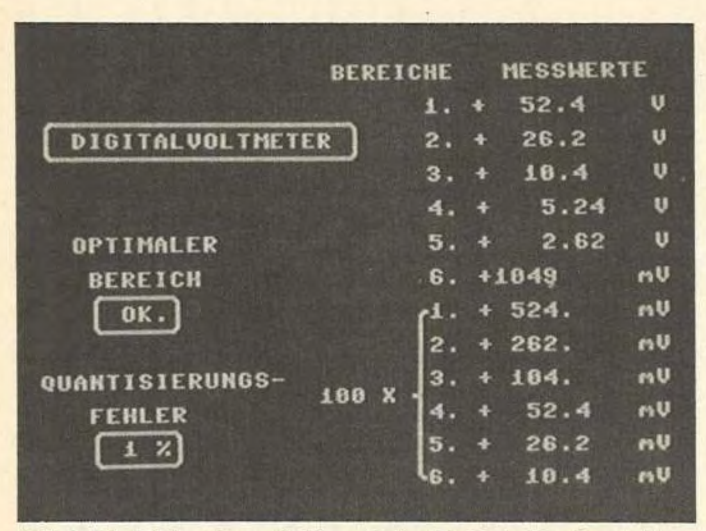


Bild 2. Die Bildschirmaufteilung beim Digitalvoltmeter, bei der Widerstandsmessung und bei der Kapazitätsmessung (hier ist das Digitalvoltmeter angewählt).

in das mittlere Feld und der Computer erwartet die Eingabe des Filenamens, unter dem die gewünschte Messung gespeichert wurde. Die Eingabe wird mit <RETURN> abgeschlossen. Nach Beendigung des Ladevorgangs meldet sich der Computer mit einer Bestätigung im untersten Feld. Außerdem wird nach abgeschlossenem Ladevorgang die letzte geladene Seite angezeigt.

Speichern: Wenn Sie diesen Unterpunkt gewählt haben, dann erscheint der Cursor im mittleren Feld, und das Programm erwartet die Eingabe des gewünschten Filenamens, dem automatisch noch das Kürzel »OSZ« angehängt wird. Mit <RETURN> schließen Sie diese Eingabe ab und gelangen nun zur Seitenwahl. Hier müssen die erste und letzte zu speichernde Seite (0 bis 63) eingegeben werden. Dazu benutzen Sie bitte wie im Seitenwahlmodus die Tasten <,> und <.>. Mit <RETURN> wird die Eingabe bestätigt und mit <Q> kann die Speicherfunktion wieder verlassen werden. Wurden beide Seitenwahlen mit <RETURN> bestätigt, wird der entsprechende Speicherbereich als Programmfile auf Diskette gespeichert. Eventuell auftretende Fehler werden im untersten Feld angezeigt.

Das Digitalvoltmeter

Für die Messung von Gleichspannungen ist das Digitalvoltmeter vorgesehen. Zunächst sollten Sie sich davon überzeugen, daß der Wahlschalter AC/DC am Meßgerät auf DC (Gleichspannung) und der Wahlschalter RC/U auf U gestellt ist. Durch Drücken der Taste <↑> gelangt man vom Hauptprogramm in eines der drei Unterprogramme Digitalvoltmeter, Widerstandsmessung oder Kapazitätsmessung, je nachdem, welches dieser drei Unterprogramme zuletzt benutzt wurde. In welchem der drei Unterprogramme man sich befindet, wird in einem Kasten links oben auf dem Bildschirm angezeigt (Bild 2). Mit der Taste <U> könnte das Digitalvoltmeter ansonsten jetzt angewählt werden. Nach dem Start des Programms ist das Digitalvoltmeter voreingestellt.

Ferner befindet sich links in der Mitte ein Kasten, der für die Einstellung des optimalen Meßbereichs zuständig ist. Ist hier das Symbol »>« zu sehen, so deutet dies an, daß der Bereichsschalter des Meßgerätes auf einen empfindlichen Bereich umzuschalten ist. Solange, bis die Meldung »OK« kommt. Bei der Spannungsmessung ist zu beachten, daß nur die Bereiche 1 bis 6 des Schalters gültig sind. Die Bereiche 7 bis 12 entsprechen dem Bereich 6. Sollte selbst im Bereich 6 noch keine OK-Meldung erscheinen, kann man eine Zusatzverstärkung mit dem Faktor 100 einschalten und beginnt dann wieder beim ersten Bereich. In umgekehrter Weise verfährt man, falls das Symbol »<« angezeigt wird. Sollte in allen Bereichen kein »OK« erschienen, liegt die Spannung außerhalb des Meßbereichs von maximal ±50 Volt oder ist kleiner als 3 mV. Ist ein OK vorhanden, braucht man lediglich den eingestellten Meßbereich und die Zusatzverstärkung am Meßgerät ablesen. Auf dem Bildschirm steht neben dieser Bereichszahl die gemessene Spannung einschließlich ihres Vorzeichens. Der positive und negative Meßbereich ist gleichgroß.

Im linken unteren Bereich des Bildschirms ist ein Kasten mit der Bezeichnung »Quantisierungsfehler«. Die hier angezeigte Prozentzahl gibt den im eingestellten Bereich gültigen Fehler an, der durch die Digitalisierung des analogen Signals entsteht.

In den Widerstandsmeßmodus gelangt man durch Drücken der Taste <R>, vorrausgesetzt, vorher wurde <↑> gedrückt. Der Wahlschalter RC/U muß auf RC stehen. Am Meßgerät muß nun die rote LED leuchten. Die Bildschirmgrafik zeigt 12 Bereichsstufen an, die mit den 12 Empfindlichkeitsstufen am Meßgerät korrespondieren. Sie müssen darauf achten, daß der RC/U-Schalter in RC-Stellung ist. Jetzt muß der zu messende Widerstand mit den beiden entsprechenden Buchsen am Meßgerät verbunden werden.

Widerstände und Kondensatoren messen

Die Vorgehensweise ist nun die gleiche wie bei der Spannungsmessung. Man dreht den Empfindlichkeitswahlschalter in die durch das Bereichswahlsymbol angezeigte Richtung, bis ein »OK« erscheint. Sollte in allen 12 Bereichen keine OK-Meldung angezeigt werden, liegt der Widerstandswert außerhalb des Meßbereichs. Oberhalb von 10 Megaohm ist keine Messung mehr möglich, und unter 300 Ohm muß man einen entsprechend größeren Meßfehler in Kauf nehmen (siehe Quantisierungsfehler).

Der Widerstandswert kann neben der eingestellten Empfindlichkeitsstufe (1...12) auf dem Bildschirm abgelesen werden. Für den angezeigten Quantisierungsfehler gilt das gleiche wie beim Digitalvoltmeter.

Eine Kapazitätsmessung wird durch Drücken der Taste <C> erreicht. Der Schalter RC/U verbleibt in der Stellung RC. Die LED-Anzeige am Meßgerät sollte jetzt regelmäßig von Rot nach Gelb wechseln. Die Taktfrequenz, mit der dies geschieht, ist von der eingestellten Empfindlichkeitsstufe abhängig und zeigt die einzelnen Auf- und Entladungsvorgänge an. Der Prüfling wird nun mit den entsprechenden Buchsen verbunden. Vor allem bei kleinen Kapazitäten ist auf möglichst kurze Verbindungen zu achten. Es dürfen keine Elektrolyt- oder Tantalkondensatoren gemessen werden, da während der Messung die Polarität am Prüfling wechselt. Die richtige Bereichswahl (1...12) wird wieder durch das Fenster »optimaler Bereich« unterstützt. Der Meßbereich liegt zwischen 10 μF und etwa 250 pF. Oberhalb von 10 μF sind keine Messungen möglich und bei Kapazitäten kleiner 250 pF muß ein entsprechend größerer Quantisierungsfehler in Kauf genommen werden. Sollten die Leuchtdioden während der Messung den zyklischen Farbwechsel beenden, so kann der Grund ein defekter Kondensator sein (zu großer Leckstrom). In diesem Zustand nimmt das Programm keine Tastatureingabe mehr an. Entfernen Sie den defekten Kondensator. Wenn das noch nicht hilft, drücken Sie die <RESTORE>-Taste.

Mit der Taste <←> gelangen Sie von der Kapazitäts-, Widerstands- und Gleichspannungsmessung zurück in das Hauptprogramm.

Die Beschreibung des Programms hat Ihnen sicherlich

schon gezeigt, daß dieses Multimeter einiges zu bieten hat. Nun wollen wir uns jedoch der Hardware zuwenden.

Das Kernstück der Schaltung (Bild 3) ist der A/D-Wandler ZN 427 von Ferranti. Da dieser in der verwendeten Beschaltung Spannungen von -5,12 V bis +5,12 V digitalisieren kann, mußte dem Analogeingang noch ein Verstärker vorgeschaltet werden, der die gewünschten Empfindlichkeiten auf dieses Niveau bringt.

Die Schaltung für das Multimeter

Als y-Empfindlichkeiten wurden 2 mal 6 Stufen gewählt. Ohne Zusatzverstärkung (Schalter 1/100 auf Stellung 1) sind das die Empfindlichkeiten 10 V, 5 V, 2 V, 1 V, 0,5 V, 0,2 V pro Rasterteilung. Eine Rasterteilung entspricht dabei einer Spannungsdifferenz von 1 V am A/D-Wandlereingang. Mit der Zusatzverstärkung vom Faktor 100 (Schalter 1/100 auf Stellung 100) ergeben sich die Empfindlichkeiten 0,1 V, 50 mV, 20 mV, 10 mV, 5 mV und 2 mV. Der Eingangswiderstand des Verstärkers ist ohne Zusatzverstärkung 10 MOhm und mit Zusatzverstärkung noch 1 MOhm. Mit dem Schalter AC/DC kann man bei Bedarf den Gleichstromanteil ausfiltern. Der analoge Teil der Schaltung ist so ausgelegt, daß eine obere Grenzfrequenz von über 50 kHz erreicht wird. Dies ist wegen der softwaremäßigen Digitalisierungsgeschwindigkeit von 11 Mikrosekunden wünschenswert.

Soll das Multimeter als Digitalvoltmeter oder Oszilloskop arbeiten, so ist der Schalter RC/U in Stellung U zu bringen. Der Verstärker besteht nun aus dem IC8 als Impedanzwandler, IC7 als invertierendem Verstärker mit regelbarem Verstärkungsfaktor (1 bis 50) und dem Invertierer IC6, der ebenfalls mit einer Verstärkungsregelung (zirka 0,75 bis 1,25) ausgestattet ist. IC8 hat neben seiner Rolle als Impedanzwandler auch noch die Funktion eines Zusatzverstärkers (Faktor 100). Ist der Schalter 1/100 in Stellung 1, so wird das Signal durch den Spannungsteiler R22, R23 durch 10 geteilt. IC8 arbeitet als nichtinvertierender Impedanzwandler mit dem Verstärkungsfaktor 1. In Stellung 100 wird der Eingangsspannungsteiler überbrückt und der Impedanzwandler IC8 als nichtinvertierender Verstärker mit dem Verstärkungsfaktor 10 geschaltet. Mit T3 kann diese Verstärkung genau justiert werden. R21 und Z1, Z2 schützen IC8 vor Überspannung. T5 hat die Aufgabe des Offsetabgleichs in Stellung 1. Der Abgleich läßt sich in Schalterstellung 100 mit Spindeltrimmer T6 durchführen.

R5 und die externe Widerstandskaskade verhelfen dem IC7 zu einer regelbaren Verstärkung zwischen 1 und 50 (Bereiche 1 bis 6). T4 besorgt den Spannungsoffset für IC7.

Als letztes Glied in dem Analogteil übernimmt IC6 die Aufgabe, das einmal invertierte Signal nochmals umzukehren. Mit T2 hat man die Möglichkeit, die Gesamtverstärkung in kleinen Grenzen zu verändern.

Das Meßgerät wird abgeglichen

Der gesamte Abgleich kann am C 64 mit dem zugehörigen Programm (Listing 1) erfolgen. Alle Trimmer sollten sich am Anfang in Mittelstellung befinden.

Zunächst sollte man sich eine Spannungsquelle mit definierter Ausgangsspannung besorgen (am besten im Bereich 2 bis 10 V). Bevor der eigentliche Abgleich beginnen kann, muß der Spannungsoffset von IC7 abgeglichen werden. Hierzu wird der Schalter RC/U in Stellung RC gebracht und der Eingang R/C-Messung kurzgeschlossen. Das Programm muß dabei auf Digitalvoltmeter eingestellt sein. Am Trimmer T4 wird solange gedreht, bis die angezeigte Spannung im empfindlichsten Bereich 0 V beträgt.

Der Schalter 1/100 wird nun in Stellung 1 und der Schalter RC/U in Stellung U gebracht. Da wir Gleichspannungen messen wollen, wird der Eingangskondensator durch den Schalter AC/DC in Stellung DC überbrückt. Jetzt wird der Eingang kurzgeschlossen und der Trimmer T5 so justiert, daß die Anzeige 0 V im empfindlichsten Bereich beträgt. Nun wird die Konstantspannungsquelle an den Eingang gelegt und die Spannungsanzeige notiert (man wähle hierzu den optimalen Meßbereich). Nach Umpolung der Quelle sollte sich der gleiche (aber negative) Wert ergeben. Man kann dies durch Trimmung von T1 erreichen. Erst wenn diese Einstellungen erfolgt sind, wird am Trimmer T2 der »wahre« Spannungswert eingestellt. Bei kurzgeschlossenem Empfang und Schaltstellung 1/100 auf Stellung 100, wird nun im empfindlichsten Bereich T6 so justiert, daß die Anzeige 0 V beträgt (dies wird im allgemeinen nicht exakt möglich sein, da sich in diesem Meßbereich das Rauschen der Verstärker schon bemerkbar macht).

Jetzt muß mit einem exakten Spannungsteiler (1%-Widerstände, zirka 1 K) die Spannung der Quelle auf ein Hundertstel des Normalwertes geteilt werden. Diese Spannung dient jetzt dazu, die Verstärkung von IC8 mit Hilfe von T3 so einzu-

Technische Daten

Oszilloskope:
Timebase: 0,3 ms, 0,6 ms, 1,4 ms, 2 ms, 5 ms, 10 ms, 20 ms, 50 ms, 0,1 s, 0,2 s, 0,5 s, 1 s, 2 s, 5 s, 10 s, 20 s, 50 s, 100 s, 200 s, 500 s, 1000 s/div

Trigger:
- Programmgesteuerte Auslösung; wahlweise positive und negative Flanke; beliebige Spannung
- Space-Taste
- Externes Triggersignal

Y-Empfindlichkeit:
ohne Zusatzverstärkung: 10 V, 5 V, 2 V, 1 V, 0,5 V, 0,2 V/div
mit Zusatzverstärkung: 0,1 V, 50 mV, 20 mV, 10 mV, 5 mV, 2 mV/div

Obere Grenzfrequenz des Analogverstärkers größer 100 kHz

Schnellste A-D-Wandlungsrate bei 0,3 ms/div=11 µs

Eingangswiderstand: 10 MΩ ohne Zusatzverstärkung
1 MΩ mit Zusatzverstärkung

Digitalvoltmeter:
Empfindlichkeit in Meßbereichen 1 bis 6 ohne Zusatzverstärkung: 50 V, 25 V, 10 V, 5 V, 2,5 V, 1 V
Empfindlichkeit in Meßbereichen 1 bis 6 mit Zusatzverstärkung: 0,5 V, 0,25 V, 0,1 V, 50 mV, 25 mV, 10 mV

Eingangswiderstand wie oben

Widerstandsmeßgerät:
Meßbereiche 1 bis 12: -1 K, -2 K, -5 K, -10 K, -20 K, -50 K, -100 K, -200 K, -500 K, -1 M, -5 M, -10 M

Kapazitätsmeßgerät:
Meßbereiche 1 bis 12: -10000 nF, -5000 nF, -2000 nF, -1000 nF, -500 nF, -200 nF, -100 nF, -50 nF, -20 nF, -10 nF, -1,4 nF, -700 pF

Justagemöglichkeiten:
Von Zeit zu Zeit kann es erforderlich werden, die Offsetspannung der Eingangsverstärker (bei eingeschalteter Zusatzverstärkung) mit einem Spindeltrimmer zu regulieren.

Genauigkeit:
Der Fehler, der durch die Digitalisierung des analogen Signals entsteht, wird im jeweiligen Meßmodus auf dem Bildschirm angezeigt. Diesem Fehler ist noch der Fehler der Analogverstärker überlagert. Diese haben im Spannungsmeßmodus einen maximalen Fehler von 2% (typ. 1%). Lediglich in den beiden empfindlichsten Bereichen kann, durch das Rauschen der Verstärker bedingt, ein etwas höherer Fehler auftreten. Im Widerstandsmeßmodus und im Kapazitätsmeßmodus beträgt der Analogfehler 1% mit Ausnahme der Bereiche 11 und 12, die einen maximalen Fehler von 5% beziehungsweise 10% aufweisen können.

Tabelle 1. Die Daten des Multimeters im Überblick

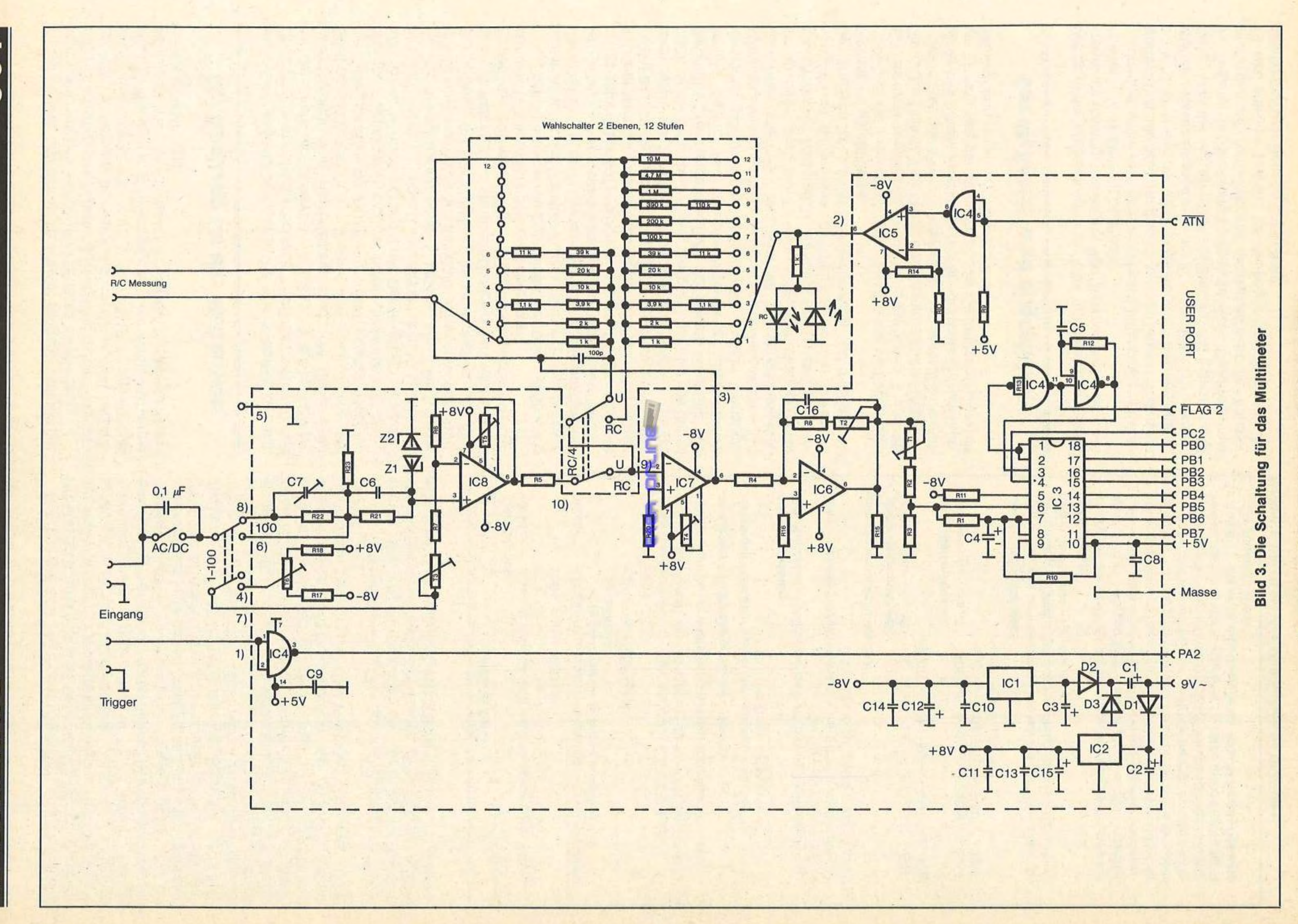


Bild 3. Die Schaltung für das Multimeter

stellen, daß die Anzeige des Digitalvoltmeters im optimalen Bereich ein Hundertstel der bekannten Spannung unserer Quelle anzeigt.

Ist dieser Abgleich geschehen, so ist das Multimeter gleichspannungsmäßig vollständig abgeglichen.

Um auch den Wechselspannungsabgleich vornehmen zu können, muß der Digitalvoltmodus verlassen und der Oszilloskopmodus eingestellt werden. Mit Hilfe eines 1-kHz-Rechtecksignals wird C7 solange abgeglichen, bis die Flanken des Rechtecks den gewünschten steilen und nicht überschwingenden Verlauf haben (Zeitbasis 2 ms).

Abgleich für genaue Meßwerte

Zur Widerstandsmessung wird der Schalter RC/U in Stellung RC gebracht und das Bedienungsprogramm ebenfalls in diesen Modus geschaltet. Am Pin ATN des User-Ports liegt nun Masse. Über den Inverter IC4 und den Operationsverstärker IC5 wird dieses Signal in ein konstantes +7-V-Signal verwandelt, das der 12stufigen Widerstandskaskade zugeführt wird. Der Prüfling wird über die R/C-Meßbuchse in den Gegenkopplungskreis des IC7 geschaltet. Da der Operationsverstärker in dieser Beschaltung als Konstantstromquelle arbeitet, ist die Ausgangsspannung proportional dem Widerstand des Prüflings und des gewählten Kaskadenwiderstandes.

Die Auswertung dieser Spannung übernimmt das Bedienungsprogramm. Leider ist die durch IC7 gelieferte 7-V-Spannung den üblichen Bauteiletoleranzen unterworfen, so daß die theoretisch mögliche Genauigkeit mit dem Standardbedienungsprogramm nicht erreicht wird. Es besteht allerdings für diejenigen, die sich nicht mit dieser Ungenauigkeit abfinden wollen, die Möglichkeit, das Bedienungsprogramm derart zu verändern, daß wiederum die maximale Genauigkeit von zirka 1 bis 2% erreicht wird. In den Speicherzellen $1FD0 bis $1FD4 ist im C 64-Fließkommaformat eine Konstante gespeichert. Mit Hilfe exakter Widerstände kann die Abweichung der angezeigten Werte von den erwarteteten ermittelt werden. Die Fließkommakonstante muß durch diejenige ersetzt werden, die sich aus der Multiplikation der alten mit dem Korrekturfaktor ergibt. Ein derart manipuliertes Programm gewährleistet die maximale Genauigkeit, natürlich nur in Zusammenarbeit mit einem bestimmten Meßgerät.

Bei der Kapazitätsmessung liefert das Bedienungsprogramm zunächst Massepotential an ATN (+7 V hinter IC7). Die Hardwarekonfiguration hat sich gegenüber der Widerstandsmessung nicht verändert, IC7 arbeitet also als Konstantstromquelle, der Prüfling am Anschluß R/C-Messung wird mit einem konstanten Strom aufgeladen. Dies hat bei intakten Kapazitäten einen linearen Spannungsanstieg zur Folge. Das Anwenderprogramm ermittelt nun aus dem zeitlichen Spannungsverlauf die Kapazität des Prüflings, und legt den Anschluß ATN bei Erreichen einer bestimmten Schwellspannung auf +5 V (-7 V hinter IC7). So wiederholt sich ständig ein Auf- und Entladen des Prüflings.

Für die Genauigkeit der Kapazitätsmessung gilt das glei-

Stückliste Platinenbestückung			
IC1	7908	R17	1K 5%
IC2	7808	R18	1K 5%
IC3	ZN 427 (Ferranti)	R19	100K 5%
IC4	SN 74LS132	R20	1K 5%
IC5	LM 741	R21	100K 5%
IC6	LM 318	R22	10M 5%
IC7	LM 318	R23	1M 5%
IC8	LF 357	T1	4,7K 5% liegend
D1	500 mA	T2	4,7K 5% liegend
D2	500 mA	T3	4,7K 5% liegend
D3	500 mA	T4	22K 5% liegend
Z1	10V, 0,4W	T5	22K 5% liegend
Z2	10V, 0,4W	T6	100 1% Spindel
R1	7,5K 1%	C1	2200µF Elko steh. 16V
R2	13K 1%	C2	2200µF Elko steh. 16V
R3	15K 1%	C3	2200µF Elko steh. 16V
R4	10K 1%	C4	4,7µF Tantal 10V
R5	1K 1%	C5	2,2nF
R6	100K 1%	C6	100pF
R7	8,2K 1%	C7	4....20pF Trimmer
R8	7,5K 1%	C8	0,1µF
R9	1K 5%	C9	0,1µF
R10	390 5%	C10	0,1µF
R11	100K 5%	C11	0,1µF
R12	220 5%	C12	10µF Elko 10V
R13	10K 5%	C13	0,1µF
R14	22K 5%	C14	0,1µF
R15	1K 5%	C15	10µF Elko 10V
R16	4,7K 5%	C16	20pF

Externe Bauelemente	
1	User-Port-Stecker + Gehäuse
1	16adriges Flachkabel 50 cm
1	Schalter 12 Stufen, 2 Ebenen
2	Bananenbuchsen (R/C-Messung)
2	Chinchbuchsen (Trigger, Eingang)
2	Schalter 2xUM
1	Schalter 1xUM (AD/CD)
2	LEDs (rot, grün) (für R/C- oder U-Anzeige)
1	0,1µF (für AC)
1	100 pF (für Gegenkopplung IC7)
1	1K 5%
2	1K 1%
2	1,1K 1%
2	2K 1%
2	3,9K 1%
2	10K 1%
2	11K 1%
2	20K 1%
2	39K 1%
1	100K 1%
1	110K 1%
1	200K 1%
1	390K 1%
1	1M 1%
1	4,7M 5%
1	10M 5%

Tabelle 2. Alle notwendigen Bauteile. Die 1%-Widerstände sollten auf keinen Fall höhere Toleranzen haben, da sonst die Meßgenauigkeit verringert wird.

che wie bei der Widerstandsmessung. Auch hier kann durch Multiplikation der Fließkommakonstanten mit dem gemessenen Korrekturfaktor die Genauigkeit weiter gesteigert werden. Die Konstante ist im Programmspeicher von $1FD5 bis $1FD9 zu finden. Die Vorgehensweise ist wie oben geschildert. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis wahrer Wert zu angezeigtem Wert.
Die Platine hat das Format einer Europakarte und ist einseitig beschichtet. Die Bauteildichte ist nicht mehr sehr hoch, so

USER-PORT-ANSCHLUSS

1 2 3 .... 10 11 12 13 14 15
+5V; FLAG 2; PB0 .... PB7; PC2; ATN; PA2; 9V~; MASSE

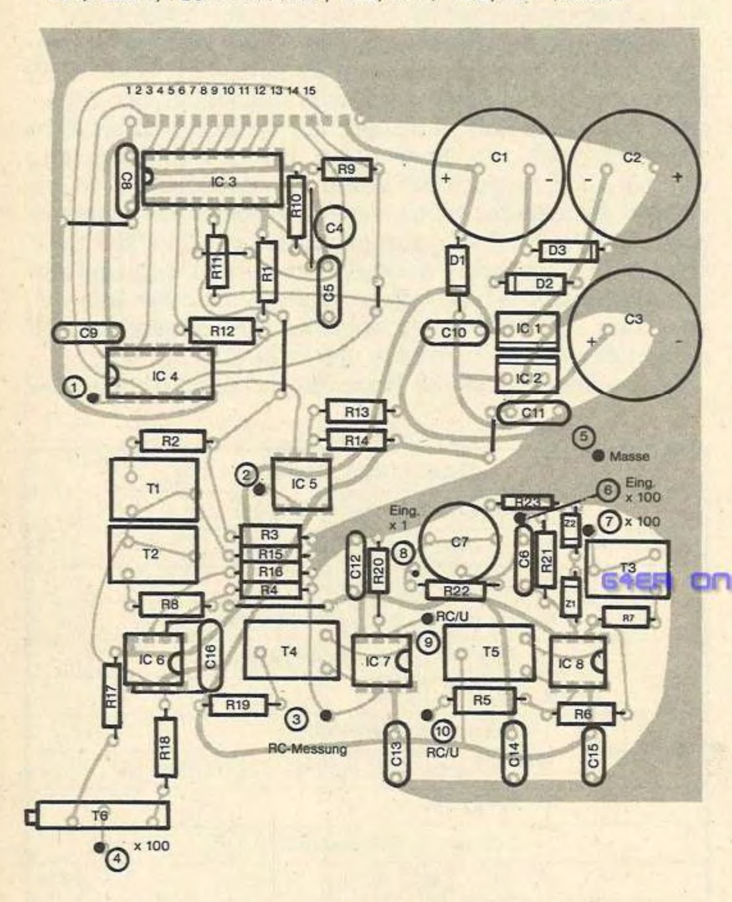


Bild 4. Der Bestückungsplan für das Multimeter

daß auch nicht so erfahrene Bastler mit ein wenig Geschick das Meßgerät nachbauen können. Als Bohrlochdurchmeser für die ICs und IC-Fassungen haben sich 0,8 mm bewährt. Die diskreten Bauelemente, wie Widerstände, Kapazitäten und Dioden, benötigen einen Durchmesser der Bohrung von 1 mm. Eine Ausnahme bilden die drei großen Elkos, die Dioden D1 bis D3 und alle Trimmer, für die sich eine Bohrung von 1,3 mm als sinnvoll erweist.

Die Platine selbst kann mit vier M3-Schrauben in handelsüblichen Kunststoffgehäusen befestigt werden.

Eine Zugentlastung für den User-Port-Anschluß sollte vorgesehen werden und kann leicht durch einen Aluwinkel, der zwischen die beiden hinteren Befestigungsschrauben geschraubt wird und so das Flachbandkabel einquetscht, realisiert werden.

Als sehr wirkungsvolle Maßnahme hat sich eine Abschirmung der Leiterbahnseite durch Alufolie erwiesen. Um einen ungewollten Kurzschluß zu vermeiden, klebt man Alufolie auf dicke Pappe von der Größe der Europakarte und verbindet die Folie elektrisch mit der Masse der Schaltung. Außerdem sollte auf alle Fälle darauf geachtet werden, daß die Verbindungskabel zu den externen Baugruppen nicht zu lang ausfallen. Insbesondere die Anschlüsse 6, 7 und 8 (Bild 4) sollten abgeschirmt werden. Als Massepunkt hierfür empfiehlt sich der Kontakt 5 (Bild 4).

Die Widerstände für den 12-Stufen-Schalter mit zwei Ebenen lötet man am besten direkt an die am Schalter befindlichen Lötösen. Eine Reihenschaltung der Widerstandswerte 3,9 und 1,1 ergibt den in der E24-Serie nicht vorhandenen Wert 5,0.

Es empfiehlt sich, beim Einbau in ein Gehäuse den Spindeltrimmer T3 von außen zugänglich zu machen, da ein Nullpunktabgleich ab und an erfolgen muß. Wer ganz sicher gehen will, sollte auch für T5 diese Möglichkeit schaffen.

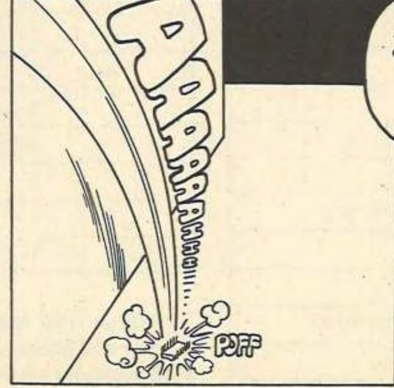
Das Layout für die Platine finden Sie spiegelverkehrt auf der Seite 157. In der Tabelle 2 sind alle notwendigen Bauteile nochmals zusammengefaßt.

Für alle, die Schwierigkeiten haben, das IC 3 (ZN 427) zu erhalten, wollen wir eine der möglichen Bezugsquellen nennen: HW-Elektronik, Eimsbüttler Chaussee 79, 2000 Hamburg 19, Tel. 040/4396848. Der Preis für das IC beträgt ohne Versandkosten 24,30 Mark.

Nun kommen wir aber nochmals zu einer Besonderheit. Wie schon angedeutet, läßt sich das Programm (Listing 1) auf Ihre eigene Gerätekonfiguration genau anpassen. Dazu gehen Sie bitte folgendermaßen vor: Laden Sie zunächst das Programm »Multimeter« (Listing 1). Nun geben Sie mit dem









MSE das Programm »Appendum« (Listing 2, $2100 bis $2300) ein und speichern das neu entstandene Programm unter dem Namen »Null« auf Diskette.

Jetzt formatieren Sie eine Diskette neu (wichtig!) und speichern auf dieser Diskette zunächst das Programm »Null« und dann das Multimeter-Programm. Auf diese Weise erhalten Sie eine Justierdiskette. Die genannte Reihenfolge ist aber unbedingt zu beachten. Das Anpassungsprogramm (Listing 2) greift nämlich direkt auf einige Sektoren der Diskette zu. Dabei ist es absolut wichtig, daß die Sektorenreihenfolge eingehalten wird, die vom Betriebssystem für das erste Programm auf der Diskette vorgesehen ist.

Die Justage geschieht wie folgt: Laden Sie das Programm »Null«. Nachdem alle unter dem Punkt Abgleich geschilderten Hardware-Maßnahmen abgeschlossen sind, werden mehrere Widerstände und Kondensatoren, deren Werte genau bekannt sein müssen, mit dem Multimeter durchgemessen. Der Korrekturfaktor ergibt sich aus dem Verhältnis gemessener Wert zu wahrem Wert. Nachdem die Faktoren für Widerstände und Kondensatoren ermittelt sind, begibt man sich zurück ins Hauptprogramm und drückt die Taste <P> (sonst Floppy-Drucker). Nach kurzer Zeit fragt das Programm die ermittelten Faktoren (R-Faktor und C-Faktor) ab.

Geben Sie die Korrekturwerte ein. Anschließend ändert das Programm Null das ebenfalls auf der Diskette befindliche Programm Multimeter in der Weise ab, daß es anschließend genau auf Ihre Gerätekonfiguration justiert ist.

Nun noch ein Tip für alle, die sich den Selbstbau nicht zutrauen. Das fertige Gerät können Sie abgeglichen bei AGE für 348 Mark kaufen. Die genaue Adresse finden Sie im nachstehenden Info. (K. H. Preikschat/kn)

Andreas Gerzen Soft- und Hardware-Entwicklung (AGE), Postfach 5072, 4018 Langenfald, Telefon 02173/80229

```
Name : multimeter              0801 26b1
----------------------------------------
0801 : 4c 08 c1 07 9e 28 38 31   11
0809 : 39 32 29 20 41 43 48 54   a2
0811 : 55 4e 47 3a 47 45 52 41   11
0819 : 45 54 45 4e 52 2e 20 4d   55
0821 : 55 53 53 20 20 4d 49 54   33
0829 : 20 50 52 47 4e 52 2e 20   5f
0831 : 50 52 2f 50 30 30 30 36   32
0839 : 33 20 55 45 42 45 52 45   9c
0841 : 49 4e 53 54 49 4d 4d 45   cf
0849 : 4e 2e 00 00 00 41 44 45   54
0851 : 52 22 2c 38 00 71 08 ac   cc
0859 : 26 4e 24 b2 22 41 53 53   26
0861 : 45 4d 42 4c 45 52 22 3a   4b
0869 : 4c b2 c3 28 4e 24 29 00   af
0871 : 7f 08 b1 26 81 20 49 b2   c9
0879 : 31 20 a4 20 4c 00 98 08   1f
0881 : b6 26 97 20 37 30 33 aa   4b
0889 : 49 2c c6 28 ca 28 4e 24   0e
0891 : 2c 49 2c 31 29 29 00 a0   b0
0899 : 08 bb 26 82 20 49 00 be   23
08a1 : 08 c0 26 97 20 37 38 30   83
08a9 : 2c 4c 3a 97 20 37 38 31   7c
08b1 : 2c 31 39 32 3a 97 20 37   5a
08b9 : 38 32 2c 32 00 ca 08 c5   5e
08c1 : 26 9e 20 36 35 34 36 39   45
08c9 : 00 de 08 ca 26 97 20 37   a2
08d1 : 38 31 2c 38 3a 97 20 37   03
08d9 : 38 32 2c 31 00 ea 08 cf   73
08e1 : 26 9e 20 36 35 34 36 36   5f
08e9 : 00 00 09 d4 26 97 20 32   ca
08f1 : 35 31 2c 30 3a 97 20 32   15
08f9 : 35 32 2c 31 32 32 00 a9   81
0901 : 0c a2 14 8d 19 03 8d 17   23
0909 : 03 8d 15 03 8e 16 03 8e   3b
0911 : 14 03 8e 18 03 a9 10 85   16
0919 : fc a9 fb 85 fb a9 08 85   d2
0921 : fa a9 00 85 fd 85 f9 a9   e8
0929 : 80 85 fe a9 29 85 02 20   68
0931 : ea 0a a9 01 24 02 d0 03   46
0939 : 4c 00 16 a9 18 8d 18 d0   30
0941 : ad 11 d0 09 28 8d 11 d0   a1
0949 : 20 a2 0a 20 d5 0a 20 5b   26
0951 : 0f 20 7b 0b a9 7f 8d 0d   97
0959 : dc a9 9b 8d 02 dd a9 08   68
0961 : 8d 0e dc 8d 0f dc a9 10   7d
0969 : 24 02 f0 03 4c 62 14 a9   a6
0971 : 27 85 ff 20 b0 0d 20 67   21
0979 : 11 a9 28 85 ff 20 b0 0d   f7
0981 : a9 02 24 02 d0 38 a9 04   f2
0989 : 24 02 d0 28 a9 1a 85 ff   69
0991 : 20 b0 0d a9 29 85 ff 20   81
0999 : b0 0d a9 08 24 02 d0 0a   e5
09a1 : a9 17 85 ff 20 b0 0d 4c   8b
09a9 : c6 09 a9 16 85 ff 20 b0   5b
09b1 : 0d 4c c6 09 a9 19 85 ff   31
09b9 : 20 b0 0d 4c c6 09 a9 1b   90
09c1 : 85 ff 20 b0 0d a5 fe 20   9e
09c9 : c1 10 85 55 85 56 20 f4   14
09d1 : 10 a9 1f 85 ff 20 b0 0d   0c
09d9 : a9 20 24 02 d0 07 a9 20   08
09e1 : 85 ff 4c ea 09 a9 21 85   44
09e9 : ff 20 b0 0d 20 eb 11 a9   bf
09f1 : 00 85 c6 8d 77 02 8d 8a   ea
09f9 : 02 20 87 ea ad 77 02 f0   cb
0a01 : eb c9 50 f0 37 c9 85 f0   bd
0a09 : 39 c9 86 f0 3b c9 87 f0   e8
0a11 : 7c c9 88 f0 3f c9 0d f0   0a
0a19 : 41 c9 53 f0 43 c9 56 f0   ef
0a21 : 4b c9 48 f0 4d c9 4c f0   b7
0a29 : 4f c9 44 f0 51 c9 5e f0   4b
0a31 : 53 c9 d6 f0 19 c9 c8 f0   21
0a39 : 62 4c ed 09 20 00 c0 4c   fb
0a41 : ed 09 20 19 11 4c ed 09   1b
0a49 : 20 b6 0f 4c ed 09 20 35   24
0a51 : 0b 4c ed 09 20 7b 0b 4c   c1
0a59 : ed 09 4c da 12 4c ed 09   87
0a61 : a5 02 09 10 85 02 4c 33   4c
0a69 : 09 4c ed 09 20 38 0b 4c   bd
0a71 : ed 09 20 56 0b 4c ed 09   93
0a79 : 20 07 0b 4c ed 09 20 eb   e9
0a81 : 0b 4c ed 09 a5 02 29 fe   5c
0a89 : 85 02 4c 33 09 a9 fb 85   62
0a91 : fb a9 10 85 fc 20 a2 0a   85
0a99 : 4c ed 09 20 53 0b 4c ed   bd
0aa1 : 09 a9 00 85 50 a9 04 85   9d
0aa9 : 51 a2 00 a0 00 a5 fb 91   a0
0ab1 : 50 c8 c0 0a 90 f9 [illegible] fc   40
0ab9 : c0 28 d0 f3 18 a9 28 65   7a
0ac1 : 50 85 50 90 02 e6 51 e8   68
0ac9 : e0 19 d0 df a5 fb 29 0f   63
0ad1 : 8d 20 d0 60 a2 00 a0 20   9b
0ad9 : a9 00 8c e0 0a 9d 00 20   8f
0ae1 : e8 d0 fa c8 c0 40 d0 f2   40
0ae9 : 60 a2 00 a0 40 a9 ff 8c   19
0af1 : f5 0a 9d 00 40 e8 d0 fa   d7
0af9 : c8 c0 80 d0 f2 a0 00 99   c3
0b01 : 00 81 c8 d0 fa 60 a9 47   f6
0b09 : 85 50 a9 20 85 51 a2 00   92
0b11 : a9 00 a0 f8 91 50 88 d0   61
0b19 : fb e8 e0 19 f0 10 18 a5   1f
0b21 : 50 69 40 85 50 a5 51 69   31
0b29 : 01 85 51 4c 11 0b 20 7b   ac
0b31 : 0b 4c f4 10 a0 01 2c a0   a5
0b39 : 00 b9 fb 00 29 0f 18 69   53
0b41 : 01 29 0f 85 50 b9 fb 00   0e
0b49 : 29 f0 05 50 99 fb 00 4c   48
0b51 : a2 0a a0 01 2c a0 00 b9   7c
0b59 : fb 00 a2 04 18 6a ca d0   1f
0b61 : fb 18 69 01 a2 04 18 2a   e2
0b69 : ca d0 fb 85 50 b9 fb 00   0e
0b71 : 29 0f 05 50 99 fb 00 4c   7f
0b79 : a2 0a a9 53 85 58 a9 20   f7
0b81 : 85 59 a0 00 a2 00 b1 58   7d
0b89 : 49 aa 91 58 18 a5 58 69   7a
0b91 : 08 85 58 90 02 e6 59 e8   13
0b99 : e0 1e d0 ea 18 a5 58 69   fd
0ba1 : cf 85 58 a5 59 69 02 85   f2
0ba9 : 59 c8 c0 09 d0 d6 a9 48   b3
0bb1 : 85 58 a9 20 85 59 a9 e7   6a
0bb9 : 85 60 a2 00 a0 00 b1 58   98
0bc1 : 49 01 91 58 c8 c8 c0 08   e0
0bc9 : d0 f4 18 a5 58 69 18 85   0a
0bd1 : 58 90 02 e6 59 e8 e0 0b   45
0bd9 : d0 e2 18 a5 58 69 38 85   92
0be1 : 58 90 02 e6 59 e6 60 d0   cf
0be9 : d1 60 20 07 0b a5 02 49   4c
0bf1 : 20 85 02 29 20 d0 07 a9   72
0bf9 : 20 85 ff 4c 03 0c a9 21   df
0c01 : 85 ff 20 b0 0d a0 00 c0   fb
0c09 : f0 b0 07 20 c1 0c c8 4c   4f
0c11 : 08 0c 60 a9 35 85 01 ad   4b
0c19 : 11 d0 09 10 8d 11 d0 a9   cf
0c21 : 9b 8d 02 dd 4c 33 09 ad   9d
0c29 : 0d dc 58 c8 ad 01 dd 99   61
0c31 : 00 81 c0 ef b0 0c a5 fa   18
0c39 : c9 09 90 fa 20 c1 0c 4c   e3
0c41 : 40 0c 78 ad 11 d0 09 10   37
0c49 : 8d 11 d0 a5 fa c9 09 90   8b
0c51 : 03 4c 65 13 4c a6 13 a9   d0
0c59 : 20 85 5a a9 50 85 59 18   ce
0c61 : 98 29 f8 65 59 85 59 90   c1
0c69 : 02 e6 5a a5 58 29 f8 18   0c
0c71 : 6a 6a aa 18 bd 1e 0d 65   8a
0c79 : 59 85 59 bd 1f 0d 65 5a   48
0c81 : 85 5a a5 58 29 07 18 65   9e
0c89 : 59 85 59 90 02 e6 5a 98   ff
0c91 : 29 07 aa bd 50 0d a2 00   98
0c99 : 41 59 81 59 60 b9 00 81   e9
0ca1 : 49 ff c9 1c b0 07 a9 00   ca
0ca9 : 85 57 85 58 60 c9 e4 90   4f
0cb1 : 07 a9 c8 85 57 85 58 60   33
0cb9 : 38 e9 1b 85 57 85 58 60   21
0cc1 : a9 20 24 02 d0 46 c0 00   06
0cc9 : d0 03 4c 0d 0d a5 57 85   36
0cd1 : 5c 20 9e 0c c5 5c f0 26   b6
0cd9 : 90 12 e6 5c a5 5c 85 58   bb
0ce1 : 20 58 0c a5 57 c5 58 90   0b
0ce9 : 19 d0 ef 60 c6 5c a5 5c   11
0cf1 : 85 58 20 58 0c a5 58 c5   90
0cf9 : 57 90 07 d0 ef 60 c9 00   9d
0d01 : d0 01 60 c9 c8 d0 01 60   7b
0d09 : 20 58 0c 60 20 9e 0c c9   1f
0d11 : 00 d0 01 60 c9 c8 d0 01   ee
0d19 : 60 20 58 0c 60 00 00 40   a8
0d21 : 01 80 02 c0 03 00 05 40   c0
0d29 : 06 80 07 c0 08 00 0a 40   72
0d31 : 0b 80 0c c0 0d 00 0f 40   25
0d39 : 10 80 11 c0 12 00 14 40   d8
0d41 : 15 80 16 c0 17 00 19 40   8a
0d49 : 1a 80 1b c0 1c 00 1e 80   bd
0d51 : 40 20 10 08 04 02 01 06   07
0d59 : 57 06 57 06 57 a9 d8 85   7b
0d61 : 58 4c 8f 0d a9 20 85 58   c7
0d69 : 4c 8f 0d a5 01 29 fb 85   c9
0d71 : 01 a9 00 85 58 a5 57 30   68
0d79 : de f0 e9 a0 00 18 26 57   66
0d81 : 26 58 c8 c0 03 d0 f6 18   e0
0d89 : a5 58 69 d0 85 58 a0 00   6c
0d91 : 8a 0a 0a 0a 18 65 59 85   01
0d99 : 5d a5 5a 69 00 85 5e b1   96
0da1 : 57 91 5d c8 c0 08 d0 f7   b1
0da9 : a5 01 09 04 85 01 60 a9   c7
0db1 : ed 85 50 a9 0d 85 51 a2   32
0db9 : 00 a0 00 b1 50 e6 50 d0   5f
0dc1 : 02 e6 51 c9 ff d0 f4 c6   ac
0dc9 : ff d0 f0 b1 50 85 59 c8   cb
0dd1 : b1 50 85 5a a0 02 b1 50   d8
0dd9 : c9 ff f0 0f 85 57 20 6c   2c
0de1 : 0d e8 e6 50 d0 ee e6 51   e9
0de9 : 4c d5 0d 60 ff d0 23 30   e3
0df1 : 2e 33 00 8d 93 ff d0 23   2d
0df9 : 30 2e 36 00 8d 93 ff d0   e5
0e01 : 23 31 2e 34 00 8d 93 ff   8a
0e09 : d0 23 32 2e 30 00 8d 93   1e
0e11 : ff d0 23 35 2e 30 00 8d   67
0e19 : 93 ff d0 23 31 30 00 00   d9
0e21 : 8d 93 ff d0 23 32 30 00   16
0e29 : 00 8d 93 ff d0 23 35 30   30
0e31 : 00 00 8d 93 ff d0 23 30   7a
0e39 : 2e 31 00 93 00 ff d0 23   fc
0e41 : 30 2e 32 00 93 00 ff d0   f0
0e49 : 23 30 2e 35 00 93 00 ff   53
0e51 : d0 23 31 2e 30 00 93 00   16
0e59 : ff d0 23 32 2e 30 00 93   5b
0e61 : 00 ff d0 23 35 2e 30 00   7f
```

```
0e69 : 93 00 ff d0 23 31 30 00  93
0e71 : 00 93 00 ff d0 23 32 30  8a
0e79 : 00 00 93 00 ff d0 23 35  dc
0e81 : 30 00 00 93 00 ff d0 23  ad
0e89 : 31 30 30 00 93 00 ff d0  b9
0e91 : 23 32 30 30 00 93 00 ff  7c
0e99 : d0 23 35 30 30 00 93 00  a0
0ea1 : ff d0 23 31 30 30 30 93  64
0ea9 : 00 ff c0 2c 2b ff c0 2c  6d
0eb1 : 2d ff 80 31 13 85 89 94  d1
0eb9 : 85 ff 08 2a 13 90 81 83  48
0ec1 : 85 ff 08 2a 00 09 8e 94  39
0ec9 : 2e ff 08 2a 00 05 98 94  f2
0ed1 : 2e ff 00 34 0d 85 93 93  f8
0ed9 : 95 8e 87 00 ff 80 2c 0c  64
0ee1 : 8f 85 93 83 88 85 8e ff  77
0ee9 : 88 2c 00 00 00 00 00 00  88
0ef1 : 00 00 ff 40 30 0c 89 8e  a0
0ef9 : 85 ff 68 30 8f 8e 00 ff  0b
0f01 : 68 30 8f 86 86 ff 00 34  07
0f09 : 00 00 00 00 00 00 00 00  0a
0f11 : ff 80 27 13 90 85 89 83  df
0f19 : 88 85 92 8e ff 00 2a 13  a9
0f21 : 85 89 94 85 ff 80 2c 00  f5
0f29 : 06 92 85 89 00 00 ff 80  0c
0f31 : 2c 00 02 85 8c 85 87 94  cb
0f39 : ff 40 21 14 89 8d 85 82  43
0f41 : 81 93 85 3a ff 80 27 14  fd
0f49 : 92 89 87 87 85 92 00 3a  d4
0f51 : ff 88 2c 06 8c 81 8e 8b  86
0f59 : 85 ff a0 00 a9 86 85 50  8b
0f61 : a9 0f 85 51 a9 c0 85 52  79
0f69 : a9 3c 85 53 b1 50 91 52  85
0f71 : c8 c0 30 d0 f7 a9 01 8d  ab
0f79 : 19 3e a9 84 8d 20 3e a9  d2
0f81 : 08 8d 21 3e 60 28 44 92  dd
0f89 : a2 a2 92 44 28 00 00 00  2c
0f91 : 00 00 00 00 00 aa 80 aa  3e
0f99 : 80 94 8a 88 88 aa 00 aa  4a
0fa1 : 00 21 52 42 21 aa 01 aa  cf
0fa9 : 00 08 94 94 08 00 00 00  e6
0fb1 : 40 00 40 40 40 20 b1 10  f5
0fb9 : 20 eb 11 a9 00 85 c6 8d  ab
0fc1 : 77 02 20 87 ea ad 77 02  30
0fc9 : c9 8a d0 03 4c b1 10 c9  92
0fd1 : 49 d0 2e a5 02 29 f9 85  1f
0fd9 : 02 a9 1a 85 ff 20 b0 0d  c5
0fe1 : a9 29 85 ff 20 b0 0d a9  8f
0fe9 : 08 24 02 d0 0a a9 17 85  f3
0ff1 : ff 20 b0 0d 4c b9 0f a9  f0
0ff9 : 16 85 ff 20 b0 0d 4c b9  ee
1001 : 0f c9 45 d0 17 a9 1e 85  a2
1009 : ff 20 b0 0d a9 1b 85 ff  70
1011 : 20 b0 0d a5 02 09 02 85  fd
1019 : 02 4c b9 0f c9 53 d0 19  3e
1021 : a9 1e 85 ff 20 b0 0d a9  4a
1029 : 19 85 ff 20 b0 0d a5 02  17
1031 : 09 04 29 fd 85 02 4c b9  53
1039 : 0f c9 2b d0 14 a5 02 09  9a
1041 : 08 85 02 29 06 d0 0a a9  14
1049 : 16 85 ff 20 b0 0d 4c b9  3e
1051 : 0f c9 2d d0 14 a5 02 29  73
1059 : f7 85 02 29 06 d0 0a a9  1b
1061 : 17 85 ff 20 b0 0d 4c b9  57
1069 : 0f a5 cb c9 2f d0 1d a5  b0
1071 : fe c9 1e d0 03 4c bc 0f  99
1079 : 20 c1 10 85 55 c6 fe a5  01
1081 : fe 20 c1 10 85 56 20 f4  77
1089 : 10 4c bc 0f c9 2c d0 1d  4c
1091 : a5 fe c9 e2 d0 03 4c bc  54
1099 : 0f 20 c1 10 85 55 e6 fe  c7
10a1 : a5 fe 20 c1 10 85 56 20  cc
10a9 : f4 10 4c bc 0f 4c b9 0f  a8
10b1 : a0 00 b9 f0 04 49 ff 99  9b
10b9 : f0 04 c8 c0 09 d0 f3 60  9d
10c1 : 49 ff 38 e9 1b 60 a9 48  41
10c9 : 85 50 a9 20 85 51 18 a5  73
10d1 : 55 29 f8 6a 6a aa 18 bd  1e
10d9 : 1e 0d 65 50 85 50 bd 1f  f1
10e1 : 0d 65 51 85 51 a5 55 29  90
10e9 : 07 18 65 50 85 50 90 02  81
10f1 : e6 51 60 a0 00 20 c7 10  ec
10f9 : b1 50 29 07 91 50 a5 56  dc
1101 : 85 55 20 c7 10 b1 50 09  14
1109 : f8 91 50 a0 00 a2 00 e8  d9
1111 : d0 fd c8 c0 05 d0 f8 60  a5
1119 : 20 57 11 20 eb 11 a9 00  1b
1121 : 85 c6 8d 77 02 20 87 ea  71
1129 : ad 77 02 c9 89 d0 03 4c  0f
1131 : 57 11 c9 2c d0 0e a5 fa  13
1139 : c9 01 f0 08 c6 fa 20 67  53
1141 : 11 4c 1c 11 c9 2e d0 d3  9b
1149 : a5 fa c9 15 f0 cd e6 fa  8f
1151 : 20 67 11 4c 1c 11 a0 00  c0
1159 : b9 28 04 49 ff 99 28 04  c6
1161 : c8 c0 09 d0 f3 60 a5 fa  b4
1169 : 85 ff 20 b0 0d a9 97 85  93
1171 : 50 a9 11 85 51 a5 fa aa  0e
1179 : ca f0 0e 18 a9 04 65 50  33
1181 : 85 50 90 02 e6 51 ca d0  58
1189 : f2 a0 00 b1 50 99 04 dc  9d
1191 : c8 c0 04 d0 f6 60 09 00  6b
1199 : 00 00 15 00 00 00 39 00  c4
11a1 : 00 00 52 00 00 00 cc 00  69
11a9 : 00 00 98 01 00 00 31 03  ba
11b1 : 00 00 fa 07 00 00 f3 0f  3f
11b9 : 00 00 e6 1f 00 00 c0 4f  f8
11c1 : 00 00 81 9f 00 00 81 9f  5b
11c9 : 01 00 81 9f 04 00 81 9f  a4
11d1 : 09 00 81 9f 13 00 81 9f  a5
11d9 : 31 00 81 9f 63 00 81 9f  da
11e1 : c7 00 81 9f f3 01 81 9f  89
11e9 : e7 03 a2 00 a0 00 a5 fc  95
11f1 : 99 48 07 c8 c0 09 d0 f8  13
11f9 : a5 ee 29 07 f0 31 e6 ee  53
1201 : 18 3e c2 12 3e 80 3a 3e  79
1209 : 78 3a 3e 70 3a 3e 68 3a  e8
1211 : 3e 60 3a 3e 58 3a 3e 50  c7
1219 : 3a 3e 48 3a 3e 40 3a e8  6c
1221 : e0 08 d0 dc a0 00 e8 d0  24
1229 : fd c8 c0 14 d0 f8 60 a5  df
1231 : ef c9 71 90 04 a9 ff 85  0c
1239 : ef e6 ef a5 ef a8 b9 52  1c
1241 : 12 85 57 a9 c2 85 59 a9  32
1249 : 12 85 5a 20 6c 0d 4c ff  19
1251 : 11 13 90 85 89 83 88 85  a2
1259 : 92 8f 93 9a 89 8c 8c 8f  39
1261 : 87 92 81 90 88 3a 00 00  fe
1269 : 09 84 85 85 00 95 8e 84  b6
1271 : 00 12 85 81 8c 89 93 81  72
1279 : 94 89 8f 8e 00 96 8f 8e  98
1281 : 00 0b 2d 08 00 10 92 85  29
1289 : 89 8b 93 83 88 81 94 00  14
1291 : 00 34 39 30 34 00 05 8e  74
1299 : 87 85 92 00 00 10 89 85  39
12a1 : 96 89 94 93 94 92 2e 36  96
12a9 : 35 00 00 14 85 8c 2e 00  d6
12b1 : 30 35 32 32 34 2f 31 37  3f
12b9 : 33 34 00 2a 00 2a 00 2a  f1
12c1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  c2
12c9 : 00 a0 00 b9 80 06 49 ff  ae
12d1 : 99 80 06 c8 c0 08 d0 f3  bc
12d9 : 60 a9 1c 85 ff 20 b0 0d  a3
12e1 : 20 ca 12 a5 02 29 02 f0  f3
12e9 : 0d a9 04 2c 00 dd [illegible] fb  fc
12f1 : ad 01 dd 4c 3d 13 a5 02  27
12f9 : 29 04 f0 0f 20 87 ea a5  78
1301 : cb c9 3c d0 f7 ad 01 dd  87
1309 : 4c 3d 13 a5 02 29 08 f0  d9
1311 : 17 ad 01 dd ea a5 fe ea  a8
1319 : cd 01 dd 90 f8 a5 fe ea  7f
1321 : cd 01 dd b0 f8 4c 3d 13  09
1329 : ad 01 dd ea a5 fe ea cd  c5
1331 : 01 dd b0 f8 a5 fe ea cd  06
1339 : 01 dd 90 f8 a5 fa c9 09  d7
1341 : 90 42 c9 0e 90 15 a9 82  84
1349 : 8d 0d dc a9 91 8d 0e dc  41
1351 : a9 d1 8d 0f dc a0 ff 58  ac
1359 : 4c 28 0c a5 02 09 20 85  65
1361 : 02 4c 47 13 78 a9 7f 8d  ab
1369 : 0d dc a9 08 8d 0e dc 8d  28
1371 : 0f dc a9 22 85 ff 20 b0  d7
1379 : 0d a5 fa 8d f0 81 20 ca  fa
1381 : 12 4c ed 09 c9 03 90 2b  a3
1389 : ad 11 d0 29 ef 8d 11 d0  69
1391 : a9 82 8d 0d dc a9 d1 8d  fe
1399 : 0f dc a9 91 8d 0e dc a0  b1
13a1 : ff 58 4c 28 0c 78 a0 00  ec
13a9 : c0 f0 b0 b8 20 c1 0c c8  f6
13b1 : 4c a9 13 c9 01 f0 12 a0  f1
13b9 : 00 c0 f0 b0 e8 ad 01 dd  27
13c1 : 99 00 81 c8 ea ea 4c ba  80
13c9 : 13 a0 00 ad 01 dd 99 00  47
13d1 : 81 c8 ad 01 dd 99 00 81  ef
13d9 : c8 ad 01 dd 99 00 81 c8  a5
13e1 : ad 01 dd 99 00 81 c8 ad  44
13e9 : 01 dd 99 00 81 c8 ad 01  56
13f1 : dd 99 00 81 c8 ad 01 dd  85
13f9 : 99 00 81 c8 ad 01 dd 99  99
1401 : 00 81 c8 ad 01 dd 99 00  0f
1409 : 81 c8 ad 01 dd 99 00 81  27
1411 : c8 ad 01 dd 99 00 81 c8  dd
1419 : ad 01 dd 99 00 81 c8 ad  7c
1421 : 01 dd 99 00 81 c8 ad 01  8e
1429 : dd 99 00 81 c8 ad 01 dd  bd
1431 : 99 00 81 c8 c8 c0 f0 b0  fb
1439 : 04 ea 4c cc 13 ea ea ad  ef
1441 : 01 dd 99 00 81 a0 00 18  e5
1449 : 98 69 0e a8 b9 00 81 c8  62
1451 : c8 79 00 81 6a 88 99 00  57
1459 : 81 c8 c0 f0 90 e9 4c a6  63
1461 : 13 a9 27 85 ff 20 b0 0d  a1
1469 : a5 fa 85 ff 20 b0 0d a5  f4
1471 : f9 85 fd 20 15 15 a9 24  99
1479 : 85 ff 20 b0 0d a9 23 85  d2
1481 : ff 20 b0 0d a9 1f 85 ff  08
1489 : 20 b0 0d a5 02 29 20 f0  c5
1491 : 07 a9 21 85 ff 4c 9d 14  67
1499 : a9 20 85 ff 20 b0 0d 20  b0
14a1 : 06 0c 20 eb 11 a9 00 85  9c
14a9 : c6 8d 77 02 a9 80 8d 8a  3e
14b1 : 02 20 87 ea ad 77 02 c9  35
14b9 : 85 d0 06 20 7d 15 4c a3  25
14c1 : 14 c9 88 d0 06 20 7b 0b  5b
14c9 : 4c a3 14 c9 44 d0 06 20  48
14d1 : eb 0b 4c a3 14 c9 4c d0  2c
14d9 : 06 20 07 0b 4c a3 14 c9  d8
14e1 : 0d d0 06 20 c1 15 4c a3  19
14e9 : 14 c9 2c d0 06 20 6f 15  50
14f1 : 4c a3 14 c9 2e d0 06 20  0f
14f9 : 72 15 4c a3 14 c9 5f d0  2c
1501 : 09 a5 02 29 ef 85 02 4c  4e
1509 : 33 09 c9 50 d0 03 20 00  e3
1511 : c0 4c a3 14 a9 30 85 50  36
1519 : 85 51 a5 fd 85 52 f0 13  45
1521 : e6 50 a5 50 c9 3a d0 06  60
1529 : e6 51 a9 30 85 50 c6 52  c3
1531 : 4c 1f 15 a5 50 85 57 a9  e9
1539 : 38 85 59 a9 2a 85 5a a2  3d
1541 : 00 20 6c 0d a5 51 85 57  b8
1549 : a9 30 85 59 20 6c 0d 86  3e
1551 : 50 18 a9 40 65 fd 85 51  1f
1559 : a0 f0 b1 50 c9 ff f0 07  56
1561 : a9 26 85 ff 4c 6c 15 a9  4e
1569 : 25 85 ff 4c b0 0d c6 fd  65
1571 : 2c e6 fd a5 fd 29 3f 85  75
1579 : fd 4c 15 15 20 b1 10 20  94
1581 : eb 11 a9 00 85 c6 8d 77  13
1589 : 02 20 87 ea ad 77 02 c9  0d
1591 : 89 d0 03 4c b1 10 c9 0d  aa
1599 : d0 e5 18 a5 fd 69 01 29  98
15a1 : 3f 85 f9 20 b5 15 b9 00  10
15a9 : 81 91 50 c8 d0 f8 20 15  9f
15b1 : 15 4c b1 10 18 a9 40 65  f5
15b9 : fd 85 51 a0 00 84 50 60  07
15c1 : 20 b5 15 b1 50 99 00 81  0c
15c9 : c8 d0 f8 ad f0 81 c9 00  2f
15d1 : d0 01 60 c9 16 b0 fb 85  55
15d9 : ff 20 b0 0d 4c 06 0c 78  cc
15e1 : a9 b1 a0 1d 20 c2 16 a9  f2
15e9 : b8 a0 1d 20 c2 16 20 eb  72
15f1 : 18 4c 50 16 00 ff 00 7f  05
15f9 : 00 00 00 00 00 00 08 78  0b
1601 : a9 95 8d 00 dd a9 19 8d  83
1609 : 18 d0 a9 84 8d 88 02 ad  05
1611 : 0d dc a9 7f 8d 0d dc a9  ef
1619 : 00 85 d4 a9 2f 85 00 a9  b9
1621 : 37 85 01 ad 11 d0 29 df  0d
1629 : 8d 11 d0 a9 19 8d 18 d0  a8
1631 : 20 44 e5 a5 fb 29 0f 8d  02
1639 : 20 d0 8d 21 d0 a5 fb 29  c5
1641 : f0 4a 4a 4a 4a 8d 86 02  61
1649 : a9 fb a0 1c 20 c2 16 a9  5f
1651 : 00 85 c6 8d 77 02 8d 8a  4a
1659 : 02 20 87 ea ad 77 02 c9  dd
1661 : 5f d0 21 a5 02 09 01 85  9d
1669 : 02 a9 97 8d 00 dd a9 18  9d
1671 : 8d 18 d0 a9 04 8d 88 02  46
1679 : a9 35 85 01 a9 1b 8d 11  0a
1681 : d0 4c 33 09 c9 55 d0 09  02
1689 : a5 02 29 3f 85 02 4c ad  57
1691 : 16 c9 52 d0 0b a5 02 29  73
1699 : 7f 09 40 85 02 4c ad 16  c3
16a1 : c9 43 d0 08 a5 02 29 bf  d0
16a9 : 09 80 85 02 a9 80 24 02  c7
16b1 : f0 03 4c 33 1b a9 40 24  e5
16b9 : 02 f0 03 4c a7 19 4c f4  dc
16c1 : 16 85 49 84 4a a0 00 b1  8a
16c9 : 49 aa c8 b1 49 a8 18 20  4a
16d1 : f0 ff a0 02 b1 49 f0 1a  87
16d9 : c9 40 d0 0e c8 18 98 65  33
16e1 : 49 85 49 90 e0 e6 4a 4c  58
16e9 : c6 16 20 16 e7 78 c8 4c  83
16f1 : d5 16 60 ad 00 dd 29 f7  23
16f9 : 8d 00 dd ad 01 dd a9 c5  e5
1701 : a0 1d 20 c2 16 a9 75 a0  56
1709 : 1e 20 c2 16 a9 d1 a0 1e  93
1711 : 20 c2 16 ad 01 dd c9 80  f5
1719 : b0 0b 49 7f 85 50 a9 2d  6d
1721 : 85 51 4c 30 17 29 7f 85  2c
1729 : 50 e6 50 a9 2b 85 51 20  9a
1731 : 91 19 a5 50 c9 7f 90 14  c5
1739 : a9 b1 a0 1d 20 c2 16 a9  4a
1741 : b8 a0 1d 20 c2 16 20 eb  ca
1749 : 18 4c 50 16 c9 33 b0 0a  6b
1751 : a9 04 a0 1e 20 c2 16 4c  f1
```

Listing 1. Das Steuerprogramm für das Multimeter

```
1759 : 62 17 a9 0b a0 1e 20 c2   14
1761 : 16 20 09 19 a9 a3 a0 1f   65
1769 : 20 28 ba a9 cb a0 1f 20   00
1771 : 28 ba 20 dd bd a2 02 20   f3
1779 : 2c 19 20 09 19 a9 9e a0   f6
1781 : 1f 20 28 ba a9 cb a0 1f   cb
1789 : 20 28 ba 20 dd bd a2 04   ce
1791 : 20 2c 19 20 09 19 a9 94   3b
1799 : a0 1f 20 28 ba a9 cb a0   3f
17a1 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   5f
17a9 : 06 20 2c 19 20 09 19 a9   f0
17b1 : 8f a0 1f 20 28 ba a9 cb   f3
17b9 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   96
17c1 : a2 08 20 2c 19 20 09 19   de
17c9 : a9 8a a0 1f 20 28 ba a9   45
17d1 : cb a0 1f 20 28 ba 20 dd   4d
17d9 : bd a2 0a 20 2c 19 20 09   8c
17e1 : 19 a9 bc a0 1f 20 28 ba   1b
17e9 : a9 cb a0 1f 20 28 ba 20   f2
17f1 : dd bd a2 0c 20 2c 19 20   df
17f9 : 09 19 a9 b7 a0 1f 20 28   c4
1801 : ba a9 cb a0 1f 20 28 ba   a0
1809 : 20 dd bd a2 0e 20 2c 19   a0
1811 : 20 09 19 a9 b2 a0 1f 20   1e
1819 : 28 ba a9 cb a0 1f 20 28   56
1821 : ba 20 dd bd a2 10 20 2c   9e
1829 : 19 20 09 19 a9 a8 a0 1f   58
1831 : 20 28 ba a9 cb a0 1f 20   c8
1839 : 28 ba 20 dd bd a2 12 20   fc
1841 : 2c 19 20 09 19 a9 a3 a0   d2
1849 : 1f 20 28 ba a9 cb a0 1f   93
1851 : 20 28 ba 20 dd bd a2 14   b6
1859 : 20 2c 19 20 09 19 a9 9e   17
1861 : a0 1f 20 28 ba a9 cb a0   07
1869 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   27
1871 : 16 20 2c 19 20 09 19 a9   c8
1879 : 94 a0 1f 20 28 ba a9 cb   c0
1881 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   5e
1889 : a2 18 20 2c 19 a5 50 c9   59
1891 : 03 90 4d 20 09 19 a9 c6   c1
1899 : a0 1f 20 0f bb 20 49 b8   06
18a1 : 20 dd bd a0 02 b9 ff 00   21
18a9 : c9 2e f0 04 c8 4c a6 18   00
18b1 : a2 16 c0 04 90 0b a0 04   fb
18b9 : 18 20 f0 ff a2 02 4c cf   28
18c1 : 18 a0 04 18 20 f0 ff a9   0a
18c9 : 20 20 16 e7 a2 01 a0 02   35
18d1 : b9 ff 00 20 16 e7 c8 ca   e7
18d9 : f0 03 4c d1 18 4c 50 16   e9
18e1 : a9 b8 a0 1d 20 c2 16 4c   bb
18e9 : 50 16 a2 02 a0 1d 18 20   c1
18f1 : f0 ff a0 00 b9 be 1d 20   4f
18f9 : 16 e7 c8 c0 07 90 f5 a6   67
1901 : d6 e8 e8 e0 1a 90 e5 60   20
1909 : a9 00 85 62 85 63 85 64   b2
1911 : 85 65 85 66 a9 80 85 61   ee
1919 : a5 50 85 52 a5 52 f0 0a   57
1921 : 18 46 52 66 62 e6 61 4c   39
1929 : 1d 19 60 86 52 a0 1c 18   87
1931 : 20 f0 ff a0 00 a9 20 20   eb
1939 : 16 e7 c8 c0 08 90 f6 a6   bb
1941 : 52 a0 02 b9 ff 00 c9 30   23
1949 : f0 32 b9 ff 00 c9 2e f0   aa
1951 : 11 c8 c0 09 f0 03 4c 4b   06
1959 : 19 a0 1d 18 20 f0 ff 4c   2f
1961 : 6f 19 84 52 38 a9 22 e5   ed
1969 : 52 a8 18 20 f0 ff a0 02   af
1971 : b9 ff 00 20 16 e7 c8 c0   73
1979 : 06 90 f5 60 a0 1d 18 20   e4
1981 : f0 ff a0 00 b9 12 1e 20   7e
1989 : 16 e7 c8 c0 07 90 f5 60   6b
1991 : a2 02 a0 1b 18 20 f0 ff   06
1999 : a6 d6 a5 51 20 16 e7 e8   62
19a1 : e8 e0 1a 90 ed 60 ad 00   2b
19a9 : dd 09 08 8d 00 dd ad 01   66
19b1 : dd a9 da a0 1d 20 c2 16   38
19b9 : a9 19 a0 1e 20 c2 16 a9   9e
19c1 : 0d a0 1f 20 c2 16 a9 20   ae
19c9 : 85 51 20 91 19 ad 01 dd   f0
19d1 : 29 7f 85 50 e6 50 c9 7f   3c
19d9 : 90 14 a9 04 a0 1e 20 c2   5f
19e1 : 16 a9 b8 a0 1d 20 c2 16   18
19e9 : 20 eb 18 4c 50 16 c9 33   d2
19f1 : b0 0a a9 b1 a0 1d 20 c2   40
19f9 : 16 4c 04 1a a9 0b a0 1e   2b
1a01 : 20 c2 16 20 09 19 a9 f3   f4
1a09 : a0 1f 20 28 ba a9 d0 a0   c3
1a11 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   cf
1a19 : 02 20 2c 19 20 09 19 a9   5c
1a21 : f8 a0 1f 20 28 ba a9 d0   d6
1a29 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   06
1a31 : a2 04 20 2c 19 20 09 19   4c
1a39 : a9 8f a0 1f 20 28 ba a9   37
1a41 : d0 a0 1f 20 28 ba 20 dd   c2
1a49 : bd a2 06 20 2c 19 20 09   fb
1a51 : 19 a9 94 a0 1f 20 28 ba   81
1a59 : a9 d0 a0 1f 20 28 ba 20   e5
1a61 : dd bd a2 08 20 2c 19 20   cf
1a69 : 09 19 a9 99 a0 1f 20 28   70
1a71 : ba a9 d0 a0 1f 20 28 ba   51
1a79 : 20 dd bd a2 0a 20 2c 19   d0
1a81 : 20 09 19 a9 a3 a0 1f 20   9d
1a89 : 28 ba a9 d0 a0 1f 20 28   67
1a91 : ba 20 dd bd a2 0c 20 2c   ee
1a99 : 19 20 09 19 a9 a8 a0 1f   c8
1aa1 : 20 28 ba a9 d0 a0 1f 20   88
1aa9 : 28 ba 20 dd bd a2 0e 20   5b
1ab1 : 2c 19 20 09 19 a9 ad a0   6a
1ab9 : 1f 20 28 ba a9 d0 a0 1f   2c
1ac1 : 20 28 ba 20 dd bd a2 10   1e
1ac9 : 20 2c 19 20 09 19 a9 b7   b9
1ad1 : a0 1f 20 28 ba a9 d0 a0   8b
1ad9 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   97
1ae1 : 12 20 2c 19 20 09 19 a9   34
1ae9 : bc a0 1f 20 28 ba a9 d0   62
1af1 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   ce
1af9 : a2 14 20 2c 19 20 09 19   1c
1b01 : a9 da a0 1f 20 28 ba a9   a5
1b09 : d0 a0 1f 20 28 ba 20 dd   8a
1b11 : bd a2 16 20 2c 19 20 09   c7
1b19 : 19 a9 df a0 1f 20 28 ba   1c
1b21 : a9 d0 a0 1f 20 28 ba 20   ad
1b29 : dd bd a2 18 20 2c 19 4c   f1
1b31 : 8e 18 ad 00 dd 29 f7 8d   59
1b39 : 00 dd a9 ef a0 1d 20 c2   89
1b41 : 16 a9 19 a0 1e 20 c2 16   a0
1b49 : a9 49 a0 1f 20 c2 16 a9   67
1b51 : 20 85 51 20 91 19 ad 01   27
1b59 : dd ea ea d0 f9 a9 10 8d   c8
1b61 : 0e dc 8d 0f dc a9 3c 8d   4a
1b69 : 04 dc a9 ff 8d 06 dc a9   15
1b71 : 00 8d 05 dc 8d 07 dc ad   f5
1b79 : 00 dd 09 08 8d 00 dd ad   57
1b81 : 01 dd ea ea f0 f9 a9 7f   0d
1b89 : 8d 0d dc a9 d9 8d 0f dc   09
1b91 : a9 91 8d 0e dc 78 ad 01   72
1b99 : dd c9 ff ea d0 f8 ad 0d   5e
1ba1 : dc 29 02 f0 03 4c e0 15   f1
1ba9 : a9 90 8d 0e dc ad 06 dc   cc
1bb1 : 49 ff 85 50 a5 50 c9 66   36
1bb9 : b0 0a a9 04 a0 1e 20 c2   5a
1bc1 : 16 4c cc 1b a9 0b a0 1e   46
1bc9 : 20 c2 16 20 09 19 a9 e9   a8
1bd1 : a0 1f 20 28 ba a9 d5 a0   9f
1bd9 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   97
1be1 : 02 20 2c 19 20 09 19 a9   24
1be9 : ee a0 1f 20 28 ba a9 d5   9e
1bf1 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   ce
1bf9 : a2 04 20 2c 19 20 09 19   14
1c01 : a9 85 a0 1f 20 28 ba a9   fa
1c09 : d5 a0 1f 20 28 ba 20 dd   8f
1c11 : bd a2 06 20 2c 19 20 09   c3
1c19 : 19 a9 bc a0 1f 20 28 ba   53
1c21 : a9 d5 a0 1f 20 28 ba 20   2f
1c29 : dd bd a2 08 20 2c 19 20   97
1c31 : 09 19 a9 b7 a0 1f 20 28   fc
1c39 : ba a9 d5 a0 1f 20 28 ba   5a
1c41 : 20 dd bd a2 0a 20 2c 19   98
1c49 : 20 09 19 a9 ad a0 1f 20   06
1c51 : 28 ba a9 d5 a0 1f 20 28   cf
1c59 : ba 20 dd bd a2 0c 20 2c   b6
1c61 : 19 20 09 19 a9 a8 a0 1f   90
1c69 : 20 28 ba a9 d5 a0 1f 20   a0
1c71 : 28 ba 20 dd bd a2 0e 20   23
1c79 : 2c 19 20 09 19 a9 a3 a0   0a
1c81 : 1f 20 28 ba a9 d5 a0 1f   1c
1c89 : 20 28 ba 20 dd bd a2 10   e6
1c91 : 20 2c 19 20 09 19 a9 99   45
1c99 : a0 1f 20 28 ba a9 d5 a0   67
1ca1 : 1f 20 28 ba 20 dd bd a2   5f
1ca9 : 12 20 2c 19 20 09 19 a9   fc
1cb1 : 94 a0 1f 20 28 ba a9 d5   0c
1cb9 : a0 1f 20 28 ba 20 dd bd   96
1cc1 : a2 14 20 2c 19 20 09 19   e4
1cc9 : a9 c1 a0 1f 20 28 ba a9   e0
1cd1 : d5 a0 1f 20 28 ba 20 dd   57
1cd9 : bd a2 16 20 2c 19 20 09   8f
1ce1 : 19 a9 e4 a0 1f 20 28 ba   25
1ce9 : a9 d5 a0 1f 20 28 ba 20   f7
1cf1 : dd bd a2 18 20 2c 19 4c   b9
1cf9 : 8e 18 03 00 08 d5 c3 c3   1a
1d01 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3   00
1d09 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3   08
1d11 : c9 40 04 00 c2 40 04 13   60
1d19 : c2 40 05 00 ca c3 c3 c3   9e
1d21 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3   20
1d29 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 cb   38
1d31 : 40 0a 02 4f 50 54 49 4d   48
1d39 : 41 4c 45 52 20 40 0c 03   76
1d41 : 42 45 52 45 49 43 48 40   b3
1d49 : 0d 03 d5 c3 c3 c3 c3 c9   c3
1d51 : 40 0e 03 c2 20 20 20 20   75
1d59 : c2 40 0f 03 ca c3 c3 c3   c1
1d61 : c3 cb 40 12 00 51 55 41   bf
1d69 : 4e 54 49 53 49 45 52 55   51
1d71 : 4e 47 53 2d 40 14 03 46   1b
1d79 : 45 48 4c 45 52 40 15 03   20
1d81 : d5 c3 c3 c3 c3 c9 40 16   59
1d89 : 03 c2 20 20 20 25 c2 40   b0
1d91 : 17 03 ca c3 c3 c3 c3 cb   56
1d99 : 40 00 12 42 45 52 45 49   35
1da1 : 43 48 45 20 20 20 4d 45   20
1da9 : 53 53 57 45 52 54 45 00   01
1db1 : 0e 04 20 3c 20 20 00 16   80
1db9 : 04 2e 2e 20 00 2e 2e 2e   eb
1dc1 : 2e 2e 2e 2e 04 01 20 44   a9
1dc9 : 49 47 49 54 41 4c 56 4f   01
1dd1 : 4c 54 4d 45 54 45 52 20   3c
1dd9 : 00 04 01 57 49 44 45 52   77
1de1 : 53 54 41 4e 44 53 4d 45   17
1de9 : 53 53 55 4e 47 00 04 01   8c
1df1 : 4b 41 50 41 5a 49 54 41   dd
1df9 : 45 54 53 4d 45 53 53 55   ce
1e01 : 4e 47 00 0e 04 20 20 3e   f3
1e09 : 20 00 0e 04 20 4f 4b 2e   34
1e11 : 00 20 20 30 2e 30 30 20   95
1e19 : 02 18 31 2e 40 04 18 32   22
1e21 : 2e 40 06 18 33 2e 40 08   aa
1e29 : 18 34 2e 40 0a 18 35 2e   82
1e31 : 40 0c 18 36 2e 40 0e 17   90
1e39 : 20 37 2e 40 0f 17 20 40   33
1e41 : 10 17 20 38 2e 40 11 17   43
1e49 : 20 40 12 17 20 39 2e 40   f6
1e51 : 13 11 20 20 20 20 20 20   bd
1e59 : 20 40 14 17 31 30 2e 40   4f
1e61 : 15 17 20 40 16 17 31 31   53
1e69 : 2e 40 17 17 20 40 18 17   f3
1e71 : 31 32 2e 00 02 18 31 2e   49
1e79 : 40 04 18 32 2e 40 06 18   35
1e81 : 33 2e 40 08 18 34 2e 40   39
1e89 : 0a 18 35 2e 40 0c 18 36   e4
1e91 : 2e 40 0e 17 d5 31 2e 40   66
1e99 : 0f 17 c2 40 10 17 c2 32   16
1ea1 : 2e 40 11 17 c2 40 12 17   bb
1ea9 : c2 33 2e 40 13 11 31 30   77
1eb1 : 30 20 58 20 b3 40 14 17   c7
1eb9 : c2 34 2e 40 15 17 c2 40   bf
1ec1 : 16 17 c2 35 2e 40 17 17   2a
1ec9 : c2 40 18 17 ca 36 2e 00   ab
1ed1 : 02 25 20 56 40 04 25 20   32
1ed9 : 56 40 06 25 20 56 40 08   3b
1ee1 : 25 20 56 40 0a 25 20 56   ab
1ee9 : 40 0c 25 cd 56 40 0e 25   1c
1ef1 : cd 56 40 10 25 cd 56 40   96
1ef9 : 12 25 cd 56 40 14 25 cd   b1
1f01 : 56 40 16 25 cd 56 40 18   62
1f09 : 25 cd 56 00 02 25 20 cf   14
1f11 : 40 04 25 4b cf 40 06 25   67
1f19 : 4b cf 40 08 25 4b cf 40   c9
1f21 : 0a 25 4b cf 40 0c 25 4b   1a
1f29 : cf 40 0e 25 4b cf 40 10   95
1f31 : 25 4b cf 40 12 25 4b cf   0f
1f39 : 40 14 25 4b cf 40 16 25   d8
1f41 : 4d cf 40 18 25 4d cf 00   85
1f49 : 02 25 d0 46 40 04 25 d0   35
1f51 : 46 40 06 25 d0 46 40 08   2e
1f59 : 25 ce 46 40 0a 25 ce 46   11
1f61 : 40 0c 25 ce 46 40 0e 25   b3
1f69 : ce 46 40 10 25 ce 46 40   cf
1f71 : 12 25 ce 46 40 14 25 ce   69
1f79 : 46 40 16 25 d1 46 40 18   8a
1f81 : 25 d1 46 00 7b 01 07 a0   f0
1f89 : 08 7b 21 42 85 0a 7c 21   bc
1f91 : 42 85 0a 7d 21 42 85 0a   16
1f99 : 7e 21 42 85 0a 7e 49 93   ca
1fa1 : 26 4d 7f 49 93 26 4d 80   17
1fa9 : 49 93 26 4d 81 49 93 26   ec
1fb1 : 4d 81 7b f7 ef e0 82 7b   a4
1fb9 : f7 ef e0 83 7b f7 ef e0   49
1fc1 : 84 58 b1 62 c6 87 7e 00   cd
1fc9 : 00 00 81 08 88 88 88 80   1b
1fd1 : 2a 7e f9 db 80 1b e7 6c   8d
1fd9 : 8b 7c 3c 62 00 00 7d 66   c1
1fe1 : 9a 00 cf 83 30 60 c1 83   f4
1fe9 : 7d 19 09 00 00 7c 1f 29   e8
1ff1 : 00 00 84 04 c9 00 00 7b   27
1ff9 : 02 af 00 00 00 00 18 78   24
2001 : a9 7f 8d 0d dc a9 33 85   62
2009 : 01 a9 00 a0 d0 85 50 84   76
2011 : 51 a9 00 a0 a0 85 52 84   d3
2019 : 53 a0 00 b1 50 91 52 c8   5f
2021 : d0 f9 e6 51 e6 53 a5 51   14
2029 : c9 d9 90 ef a9 37 85 01   6d
2031 : a9 83 a0 20 85 50 84 51   58
2039 : a0 00 b1 50 99 68 a2 c8   49
2041 : c0 28 90 f6 a9 00 a0 e0   f7
2049 : 85 50 84 51 a0 00 b1 50   b3
2051 : 91 50 c8 d0 f9 e6 51 d0   14
2059 : f5 a9 28 a0 0c 8d fe ff   6a
2061 : 8c ff ff a9 35 85 01 a2   eb
2069 : 00 bd 00 21 9d 00 c0 e8   1b
```

```
2071 : d0 f7 ee 6c 20 ee 6f 20  fd
2079 : ad 6f 20 c9 c6 90 ea 4c  54
2081 : 00 09 00 00 6c fe d6 c6  ae
2089 : c6 00 00 00 f8 cc cc cc  12
2091 : cc 00 38 6c c6 c6 c6 6c  90
2099 : ee 00 00 00 66 66 66 66  87
20a1 : dc c0 00 00 f8 cc cc cc  a0
20a9 : f8 c0 00 7f 00 00 00 00  f1
20b1 : 00 00 aa 00 00 00 00 00  5c
20b9 : 00 00 aa 00 00 00 00 01  66
20c1 : 00 01 aa 01 00 01 00 00  15
20c9 : 00 00 aa 00 00 00 00 00  74
20d1 : 00 00 aa 00 00 00 00 01  7e
20d9 : 00 01 aa 01 00 01 00 00  2d
20e1 : 00 00 aa 00 00 00 00 00  8c
20e9 : 00 00 aa 00 00 00 00 01  96
20f1 : 00 01 aa 01 00 01 00 00  45
20f9 : 00 00 aa 00 00 00 00 20  e4
2101 : a3 fd 20 15 fd 78 a9 95  c3
2109 : 8d 00 dd a9 19 8d 18 d0  43
2111 : a9 84 8d 88 02 a9 00 85  e9
2119 : d4 a9 2f 85 00 a9 37 85  74
2121 : 01 ad 11 d0 29 df 8d 11  41
2129 : d0 a5 fb 29 0f 8d 20 d0  6f
2131 : 8d 21 d0 a5 fb 29 f0 4a  99
2139 : 4a 4a 4a 8d 86 02 58 20  07
2141 : 47 c2 20 e4 ff c9 5f d0  fb
2149 : 03 4c 6d c2 c9 31 d0 03  95
2151 : 20 05 c2 c9 32 d0 03 20  d4
2159 : 7f c3 c9 33 d0 e4 20 ae  a5
2161 : c4 4c 43 c0 00 00 93 40  03
2169 : 02 06 08 12 20 4c 41 44  a5
2171 : 45 4e 20 53 50 45 49 43  2b
2179 : 48 45 52 4e 20 44 52 55  da
2181 : 43 4b 45 4e 20 92 40 05  27
2189 : 06 28 5f 29 20 4f 53 5a  1f
2191 : 49 4c 4c 4f 47 52 41 50  aa
2199 : 48 45 4e 4d 4f 44 55 53  d4
21a1 : 40 07 06 28 31 29 20 4d  63
21a9 : 45 53 53 55 4e 47 45 4e  e8
21b1 : 20 4c 41 44 45 4e 40 09  aa
21b9 : 06 28 32 29 20 4d 45 53  ad
21c1 : 53 55 4e 47 45 4e 20 53  29
21c9 : 50 45 49 43 48 45 52 4e  0b
21d1 : 40 0b 06 28 33 29 20 41  9d
21d9 : 4b 54 55 45 4c 4c 45 20  c9
21e1 : 47 52 41 46 49 4b 20 44  62
21e9 : 52 55 43 4b 45 4e 40 0d  02
21f1 : 0f d5 c3 c3 c9 40 0d 1d  61
21f9 : d5 c3 c3 c9 40 0e 06 56  13
2201 : 4f 4e 20 53 45 49 54 45  64
2209 : c2 30 30 c2 20 42 49 53  28
2211 : 20 53 45 49 54 45 c2 30  30
2219 : 30 c2 40 0f 0f ca c3 c3  7a
2221 : cb 40 0f 1d ca c3 c3 cb  e5
2229 : 40 11 0e d5 c3 c3 c3 c3  21
2231 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  30
2239 : c3 c3 c3 c3 c9 40 12 06  3a
2241 : 46 49 4c 45 4e 41 4d 45  96
2249 : c2 20 20 20 20 20 20 20  eb
2251 : 20 20 20 20 20 2e 4f 53  e5
2259 : 5a c2 40 13 0e ca c3 c3  55
2261 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  60
2269 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 cb 40  81
2271 : 15 06 d5 c3 c3 c3 c3 c3  68
2279 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  78
2281 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  80
2289 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c9  94
2291 : 40 16 06 c2 20 20 20 20  7a
2299 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
22a1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
22a9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
22b1 : c2 40 17 06 ca c3 c3 c3  7b
22b9 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  b8
22c1 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  c0
22c9 : c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3 c3  c8
22d1 : c3 cb 00 85 49 84 4a a0  4e
22d9 : 00 b1 49 aa c8 b1 49 a8  ea
22e1 : 18 20 f0 ff a0 02 b1 49  b9
22e9 : f0 19 c9 40 d0 0e c8 18  b1
22f1 : 98 65 49 85 49 90 e0 e6  a9
22f9 : 4a 4c d8 c1 20 d2 ff c8  02
2301 : 4c e7 c1 60 20 47 c2 ad  60
2309 : 1f 85 09 80 8d 1f 85 20  65
2311 : af c2 a2 08 a0 01 20 ba  d3
2319 : ff a9 10 a2 1b a0 c3 20  4b
2321 : bd ff a5 9d 29 7f 85 9d  db
2329 : a9 00 20 d5 ff 8e 73 c4  61
2331 : 8c 74 c4 20 1f c4 a9 90  0c
2339 : f0 03 20 2b c3 ad 1f 85  49
2341 : 29 7f 8d 1f 85 60 a9 65  3e
2349 : a0 c0 20 d4 c1 a9 20 a2  1b
2351 : 00 9d 1b c3 e8 e0 0d 90  4a
2359 : f8 a9 00 a0 40 8d 71 c4  fa
2361 : 8c 72 c4 a9 ff 8d 73 c4  50
2369 : 8c 74 c4 60 78 a9 14 a0  d3
2371 : 0c 8d 14 03 8d 16 03 8d  5a
2379 : 18 03 8c 15 03 8c 17 03  d0
2381 : 8c 19 03 a9 97 8d 00 dd  31
2389 : a9 18 8d 18 d0 ad 11 d0  05
2391 : 09 28 8d 11 d0 a9 35 85  6e
2399 : 01 a9 7f 8d 0d dc a9 9b  96
23a1 : 8d 02 dd a9 08 8d 0e dc  bb
23a9 : 8d 0f dc 4c 67 11 18 a2  23
23b1 : 12 a0 0f 20 f0 ff a9 00  91
23b9 : 85 10 20 5b c4 c9 0d f0  6a
23c1 : 50 c9 9d d0 14 a5 10 f0  10
23c9 : f1 c6 10 18 a5 10 69 0f  c3
23d1 : a8 a2 12 20 f0 ff 4c bb  0b
23d9 : c2 c9 1d d0 16 a5 10 c9  44
23e1 : 0c b0 d7 e6 10 18 a5 10  90
23e9 : 69 0f a8 a2 12 20 f0 ff  3e
23f1 : 4c bb c2 c9 20 90 c3 c9  2e
23f9 : 60 b0 bf a6 10 e0 0c b0  10
2401 : b9 20 d2 ff a6 10 9d 1b  16
2409 : c3 e6 10 18 a5 10 69 0f  e5
2411 : a8 a2 12 20 f0 ff [illegible] bb  4b
2419 : c2 60 20 20 20 20 20 20  db
2421 : 20 20 20 20 20 20 20 4f  80
2429 : 53 5a 48 18 a2 16 a0 07  2a
2431 : 20 f0 ff a9 00 85 90 a9  c0
2439 : 08 85 ba 20 b4 ff a5 90  b9
2441 : d0 1f 68 85 90 18 a9 08  ec
2449 : 85 ba 20 b4 ff a9 6f 85  e0
2451 : b9 20 96 ff 20 a5 ff 20  2f
2459 : d2 ff c9 0d d0 f6 4c ab  8c
2461 : ff 68 a2 00 bd 73 c3 e8  95
2469 : 20 d2 ff e0 0d 90 f5 4c  d4
2471 : ab ff 46 4c 4f 50 50 59  a2
2479 : 20 45 49 4e 20 3f 20 47  63
2481 : c2 ad 6f 85 09 80 8d 6f  50
2489 : 85 20 af c2 18 a2 0e a0  73
2491 : 11 20 f0 ff 20 5b c4 c9  72
2499 : 51 d0 03 4c a5 c4 c9 0d  5e
24a1 : d0 03 4c dd c3 c9 2c d0  9e
24a9 : 16 ad 72 c4 c9 40 d0 03  b3
24b1 : 4c 95 c3 ce 72 c4 ce 74  04
24b9 : c4 20 1f c4 4c 95 c3 c9  02
24c1 : 2e f0 03 4c 95 c3 ad 72  c5
24c9 : c4 c9 7f 90 03 4c 95 c3  d4
24d1 : ee 72 c4 ee 74 c4 20 1f  33
24d9 : c4 4c 95 c3 18 a2 0e a0  b1
24e1 : 1f 20 f0 ff 20 5b c4 c9  d0
24e9 : 51 d0 03 4c a5 c4 c9 0d  ae
24f1 : d0 03 4c 75 c4 c9 2c d0  f1
24f9 : 11 ad 72 c4 cd 74 c4 b0  0b
2501 : 06 ce 74 c4 20 1f c4 4c  cb
2509 : e5 c3 c9 2e d0 0d ad 74  1d
2511 : c4 c9 80 b0 06 ee 74 c4  23
2519 : 20 1f c4 4c e5 c3 38 ad  3c
2521 : 72 c4 e9 40 aa a9 30 a8  82
2529 : 20 46 c4 8c 41 86 8d 40  2e
2531 : 86 38 ad 74 c4 e9 40 aa  bf
2539 : a9 30 a8 20 46 c4 8c 4f  84
2541 : 86 8d 4e 86 60 e0 00 f0  e1
2549 : fb ca c0 39 90 08 18 69  7d
2551 : 01 a0 30 4c 46 c4 c8 4c  7e
2559 : 46 c4 46 cc 46 cf 20 e4  5a
2561 : ff f0 f7 48 e6 cc a4 d3  ee
2569 : b1 d1 29 7f 91 d1 68 60  47
2571 : 00 40 00 40 ad 71 c4 ac  6c
2579 : 72 c4 85 49 84 4a a2 08  0d
2581 : 20 ba ff a9 10 a2 1b a0  f7
2589 : c3 20 bd ff a5 9d 29 7f  b6
2591 : 85 9d a9 49 ae 73 c4 ac  6b
2599 : 74 c4 20 d8 ff a5 90 f0  e4
25a1 : 03 20 2b c3 ad 6f 85 29  b6
25a9 : 7f 8d 6f 85 60 20 47 c2  25
25b1 : ad bf 85 09 80 8d bf 85  3f
25b9 : a9 01 85 b8 85 b9 a9 04  30
25c1 : 85 ba a9 00 85 b7 20 c0  26
25c9 : ff a2 01 20 c9 ff a5 90  b2
25d1 : f0 03 4c 8c c5 a2 00 bd  d4
25d9 : 88 c5 f0 07 20 d2 ff e8  cb
25e1 : 4c d8 c4 a9 00 85 4e 85  70
25e9 : 50 a9 20 85 51 a2 00 86  fe
25f1 : 4f bd 78 c5 f0 07 20 d2  63
25f9 : ff e8 4c f2 c4 20 35 c5  8b
2601 : 18 a9 08 65 50 85 50 90  30
2609 : 02 e6 51 e6 4f a5 4f c9  a2
2611 : 28 90 ea a9 0a 20 d2 ff  5e
2619 : a9 0d 20 d2 ff e6 4e a5  67
2621 : 4e c9 19 90 c8 20 cc ff  6d
2629 : 20 c3 ff ad bf 85 29 7f  ac
2631 : 8d bf 85 60 a2 00 a9 80  dd
2639 : 85 49 a9 80 85 4a a0 00  0a
2641 : a9 00 9d 70 c5 b1 50 25  d5
2649 : 49 f0 08 bd 70 c5 05 4a  a2
2651 : 9d 70 c5 46 4a c8 c0 08  5e
2659 : 90 eb 46 49 e8 e0 08 90  70
2661 : d9 a2 00 bd 70 c5 20 d2  9e
2669 : ff e8 e0 08 90 f5 60 00  50
2671 : 00 00 00 00 00 00 00 1b  a8
2679 : 4b 40 01 00 00 00 00 00  25
2681 : 00 00 00 00 00 00 00 1b  b8
2689 : 41 08 00 18 a2 16 a0 07  3d
2691 : 20 f0 ff a2 00 bd a4 c5  8a
2699 : 20 d2 ff e8 e0 0e 90 f5  ec
26a1 : 4c 2c c5 44 52 55 43 4b  71
26a9 : 45 52 20 45 49 4e 20 3f  ce
```

Listing 1. Das Steuerprogramm für das Multimeter (Schluß)

```
Name : appendum                2100 2300
-----------------------------------------
2100 : a2 ff 78 9a d8 8e 16 d0  0f
2108 : 20 a3 fd 20 50 fd 20 15  1d
2110 : fd 20 5b ff 58 20 53 e4  92
2118 : 20 bf e3 a2 fb 9a a9 0f  be
2120 : a8 a2 08 20 ba ff a9 00  72
2128 : 20 bd ff 20 c0 ff a9 0d  f7
2130 : a8 a2 08 20 ba ff a9 01  84
2138 : a2 9a a0 c1 20 bd ff 20  b8
2140 : c0 ff a2 0f 20 c9 ff a2  20
2148 : 00 bd 9b c1 f0 07 20 d2  b3
2150 : ff e8 4c 49 c0 20 cc ff  40
2158 : a2 0d 20 c6 ff a2 00 20  b7
2160 : cf ff 9d ef c1 e8 d0 f7  2b
2168 : 20 cc ff a2 04 fe 27 c2  9d
2170 : bd 27 c2 c9 3a 90 09 a9  4a
2178 : 30 9d 27 c2 ca 4c 6d c0  df
2180 : a2 0f 20 c9 ff a2 00 bd  7c
2188 : b7 c1 f0 07 20 d2 ff e8  a7
2190 : 4c 87 c0 20 cc ff a2 0d  45
2198 : 20 c9 ff a2 00 bd ef c1  22
21a0 : 20 d2 ff e8 d0 f7 20 cc  2d
21a8 : ff a2 0f 20 c9 ff a2 00  e7
21b0 : bd ce c1 f0 07 20 d2 ff  1f
21b8 : e8 4c b0 c0 20 cc ff a2  b8
21c0 : 00 bd dc c1 f0 07 20 d2  7b
21c8 : ff e8 4c c1 c0 a9 0d 20  54
21d0 : d2 ff a2 00 20 cf ff c9  5f
21d8 : 0d f0 07 9d ef c2 e8 4c  24
21e0 : d4 c0 20 d2 ff a9 2c 9d  b0
21e8 : ef c2 e8 20 cf ff c9 0d  b5
21f0 : f0 07 9d ef c2 e8 4c eb  46
21f8 : c0 a9 2c 9d ef c2 a2 0f  09
2200 : 20 c9 ff a2 00 bd a9 c1  71
2208 : f0 07 20 d2 ff e8 4c 05  61
2210 : c1 20 cc ff a2 0d 20 c6  b5
2218 : ff a2 00 20 cf ff 9d ef  c0
2220 : c1 e8 d0 f7 20 cc ff a9  44
2228 : ef a0 c2 85 7a 84 7b 20  c3
2230 : 9e ad a9 f2 a0 c1 85 49  2e
2238 : 84 4a 20 d0 bb 20 fd ae  16
2240 : 20 9e ad a9 f7 a0 c1 85  e6
2248 : 49 84 4a 20 d0 bb a2 0f  fd
2250 : 20 c9 ff a2 00 bd b7 c1  f9
2258 : f0 07 20 d2 ff e8 4c 55  51
2260 : c1 20 cc ff a2 0d 20 c9  0b
2268 : ff a2 00 bd ef c1 20 d2  a3
2270 : ff e8 d0 f7 20 cc ff a2  c4
2278 : 0f 20 c9 ff a2 00 bd c0  ac
2280 : c1 f0 07 20 d2 ff e8 4c  e9
2288 : 7e c1 20 cc ff a9 0d 20  4a
2290 : c3 ff a9 0f 20 c3 ff 4c  58
2298 : e2 fc 23 55 31 3a 31 33  7c
22a0 : 20 30 20 31 39 20 30 30  bc
22a8 : 00 55 31 3a 31 33 20 30  74
22b0 : 20 32 30 20 31 32 00 42  23
22b8 : 2d 50 20 31 33 20 30 00  31
22c0 : 55 32 3a 31 33 20 30 20  18
22c8 : 32 30 20 31 32 00 55 32  1d
22d0 : 3a 31 33 20 30 20 31 39  af
22d8 : 20 30 30 00 93 52 2d 46  2a
22e0 : 41 4b 54 4f 52 2c 43 2d  b4
22e8 : 46 41 4b 54 4f 52 00 00  b4
22f0 : 00 00 00 00 00 00 00 00  f1
22f8 : 00 00 00 00 00 00 00 00  f9
```

Listing 2. Das Hilfsprogramm »Appendum« für die Justierung

Universeller TTL-IC-Tester

Wenn der Verdacht besteht, daß integrierte Schaltungen (ICs) defekt sind, ist es schwer, diese zu überprüfen. Dieser IC-Tester hilft Ihnen, defekte TTL-Bausteine der Serie SN74xxx zu erkennen.

Es ist eine mühsame Arbeit, mit dem Meßgerät TTL-ICs zu überprüfen, wenn der Verdacht eines Defekts besteht. Was liegt näher, als den Computer für Sie arbeiten zu lassen? Dieser TTL-IC-Tester nimmt Ihnen diese mühevolle Tätigkeit ab. Sie müssen nur den zu überprüfenden Baustein in eine Fassung stecken, und das Gerät sagt Ihnen, ob der Baustein defekt oder funktionsfähig ist.

Die Hardware

Zuerst benötigen Sie das aufgebaute Testgerät. Stellen Sie die Platine her (zu finden im Anhang »Platinenlayouts« auf Seite 153) und löten die Bauteile (Tabelle 1) nach dem Bestückungsplan (Bild 1) ein. Auf die Steckplätze IC3 und IC4 löten Sie einen 14poligen- beziehungsweise 16poligen IC-Sockel. Diese beiden Sockel dienen als Testsockel für die zu überprüfenden TTL-ICs. Siehe dazu auch den Schaltplan (Bild 2).

Die 44polige Kontaktreihe ist über ein 20poliges Flachbandkabel mit einem Platinenstück (zum Beispiel der Kontaktreihe einer Expansion-Port-Experimentierplatine) zu verbinden, das in den Expansion-Port paßt.

Weitere Arbeiten (Abgleichen oder Einstellen) entfallen, da die Platine nicht sonderlich kompliziert und ohne Trimmer oder Potentiometer aufgebaut ist.

Das Steuerprogramm

Tippen Sie bitte das Steuerprogramm (Listing 1) ein und speichern es auf Ihrem Datenträger. Der Start erfolgt mit RUN. Listing 2 muß nicht eingegeben werden. Es dient nur dazu, daß man sich die logische Pinbelegung einzelner IC-Typen, die als sequentielle Dateien gespeichert sind, unabhängig vom Hauptprogramm ansehen kann.

Bedienungsanleitung

Um überhaupt mit dem Tester arbeiten zu können, ist es nötig, die verschiedenen IC-Typen in einer Bauteile-Bibliothek auf Diskette zur Verfügung zu haben. Deshalb müssen zuerst die verschiedenen ICs definiert werden.

Eingabe von IC-Daten

Vom Hauptmenü aus gelangen Sie mit <F1> in den Programmteil »EINGABE VON TESTDATEN«. Das Programm fordert zur Eingabe der IC-Bezeichnung auf (zum Beispiel 7406). Danach erfolgt das Festlegen der Ein- und Ausgänge des Bausteins. Dies geschieht durch Betätigen folgender Tasten:

<E> - Eingang
<A> - Ausgang
<T> - Takteingang
<-> - Masse
<N> - Nicht belegt

Der Pluspol (Pin 14 beziehungsweise 16) wird vom Programm automatisch gesetzt.

Ein weiterer Schritt bei der Eingabe von IC-Daten ist die Angabe der Pegel, die an den Pins anliegen. Sie müssen in diesem Schritt dem Computer mitteilen, welche Eingangssignale welche Ausgangssignale zur Folge haben. Für die Eingangssignale bei statischen Gattern stehen Ihnen folgende Tasten zur Verfügung:

<1> - High-Pegel
<2> - Low-Pegel
<X> - Low- oder High-Pegel

Bei dynamischen Bausteinen entfällt die Eingabe von <X>, da der Computer bei flankengetriggerten ICs unbedingt wissen muß, welches Signal nach dem Takt erzeugt werden muß. Zur Definition des Taktsignals stehen Ihnen die Tasten

<↑> - positiv flankengetriggert
<←> - negativ flankengetriggert

Bauteile für den IC-Tester		
IC1	1	6522
IC2	1	SN7474
IC3	1	IC-Fassung 14polig
IC4	1	IC-Fassung 16polig
R1-R18	18	Widerstände 3,3 kΩ
	1	Steckkontakt für Expansion-Port (siehe Text)
	30cm	20poliges Flachbandkabel
	1	Platine zum IC-Tester (siehe Anhang »Platinenlayouts«)

Tabelle 1. Bauteileliste für den »IC-Tester«

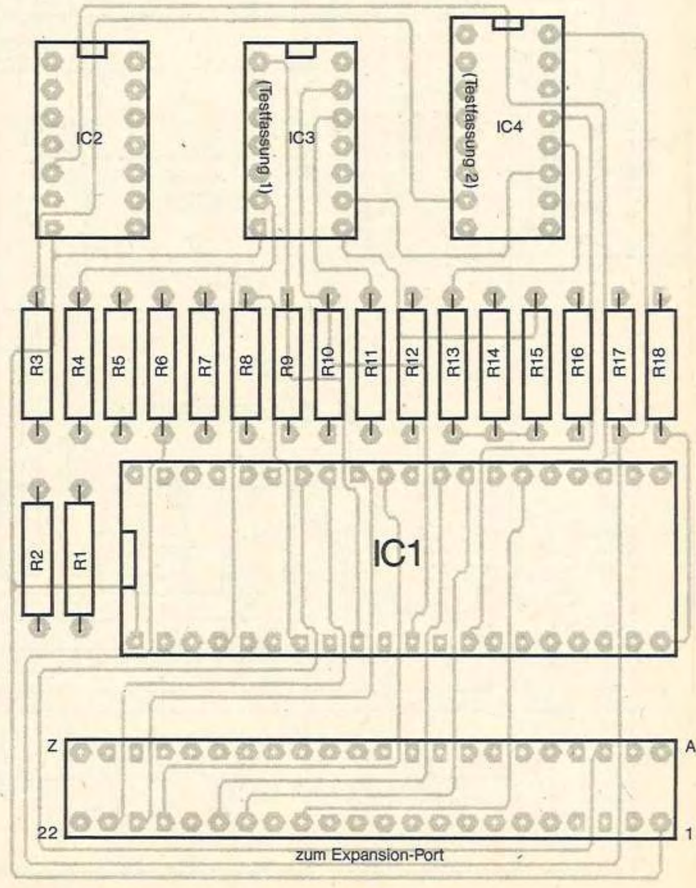


Bild 1. Bestückungsplan zum »IC-Tester«

zur Verfügung. Sind die Eingaben korrekt, bestätigen Sie mit <J>. Das Programm berechnet jetzt die Testfunktionen. Möchten Sie noch weitere Funktionen eingeben, drücken Sie nach der Aufforderung »WEITERE TESTDATEN« die Taste <J>. Antworten Sie mit <N>, werden die Daten aufgenommen und Sie können zum nächsten Schritt (»ICs TESTEN«) übergehen.

Anhand zweier Beispiele soll das erläutert werden: Beispiel 1 (für statische ICs). Sie möchten das IC 7400 in die Bibliothek aufnehmen:

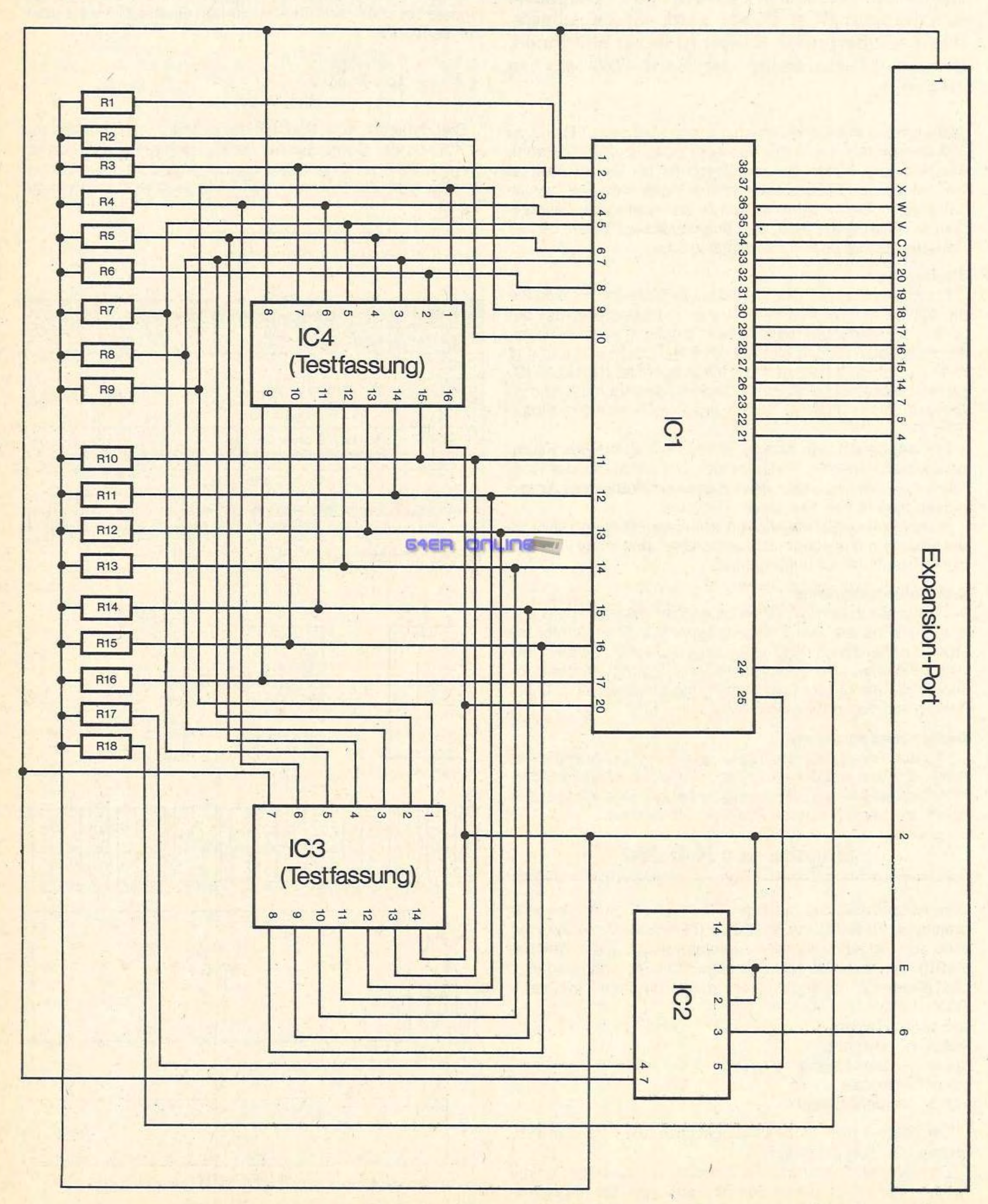


Bild 2. Schaltplan zum »IC-Tester«

Drücken Sie die Taste <F1> und geben Sie als IC-Typ 7400 ein. Der Computer meldet sich nun mit dem Menü zum Festlegen der IC-Anschlüsse. Beim 7400 liegen auf Pin 1 und 2 die Eingänge für den Ausgang des ersten NAND-Gatters. Das bedeutet, Pin 1 und 2 müssen als Eingänge mit der Taste <E> definiert werden und Pin 3 mit <A> als Ausgang. Die anderen Pins (4, 5, 11, 12, 14, 15 sowie 6, 10 und 13) ebenso. Pin 16 wird immer als Pluspol angenommen, so daß Sie bei einem 14poligen IC den Minuspol immer an Pin 7 anlegen. Die Anschlüsse 8 und 9 kennzeichnet man dann als nicht belegt (<N>).

Für unseren Baustein drücken Sie jetzt bitte nacheinander folgende Tasten:

<E>, <E>, <A>, <E>, <E>, <A>, <->, <N>, <N>, <A>, <E>, <E>, <A>, <E>, <E>

Wie Sie sehen, erscheint automatisch am Pin 16 der Pluspol. Ist Ihre Eingabe korrekt, bestätigen Sie mit <J>.

Nun befinden Sie sich im Menü für die Eingabe der Testdaten. Der Cursor blinkt an Pin 1. Der Computer erwartet nun die Eingabe, welche Eingangs- bestimmte Ausgangssignale erzeugen.

Das 7400 enthält vier NAND-Gatter mit je zwei Eingängen. Aus der Funktionstabelle des Bausteins erkennen wir, daß beim Anlegen von High-Pegel an Pin 1 und 2 ein Low-Pegel am Ausgang erscheinen muß. Das gleiche gilt für die anderen drei Gatter. Um diese Funktion einzugeben, müssen folgende Tasten gedrückt werden:

<1>, <1>, <0>, <1>, <1>, <0>, <0>, <0>, <1>, <0>, <0>, <1>

Der Cursor überspringt den Masseanschluß und die unbelegten Pins.

Pin 16 ist, wie oben angegeben, der Pluspol. Der Computer fragt nun, ob die Eingaben richtig sind. Bestätigen Sie mit <J>.

Wir wollen noch eine weitere Testfunktion eingeben und beantworten deshalb die nächste Frage »WEITERE TESTDATEN« mit <J>. Das Programm springt wieder in das Menü zur Eingabe von Testdaten.

Es soll nun bei dem Baustein 7400 der High-Ausgangspegel getestet werden. Es ist bekannt, daß der Ausgang eines NAND-Gatters High-Pegel führt, wenn ein Eingang auf Low-Pegel liegt, unabhängig davon, welchen Pegel die anderen Eingänge führen.

Deshalb geben wir also folgende Tastenkombination ein:

<0>, <X>, <1>, <0>, <X>, <1>, <1>, <0>, <X>, <1>, <0>, <X>

Damit ist das IC bis auf eine Funktion geprüft. Nachdem Sie die letzte Funktion eingegeben und die Fragen des Computers zweimal mit <J> bestätigt haben, werden die Testdaten aufgenommen und als sequentielle Datei auf Diskette gespeichert.

Beispiel 2 (für dynamische ICs). Um die etwas komplexere Eingabe von Testfunktionen für dynamische ICs zu verstehen, nehmen wir als Beispiel das positiv flankengetriggerte IC 7474:

Wir wählen wieder mit <F1> den Testdaten-Eingabemodus und geben den Namen des Bauteils ein: 7474.

Es erscheint das Menü zur Pinbelegung. Das IC 7474 verfügt über zwei D-Flip-Flops. Dem Funktionsplan kann man entnehmen, daß jedes Flip-Flop drei Eingänge und zwei Ausgänge hat. Außerdem ist jeweils ein Takteingang vorhanden. Die R-, D- und S-Eingänge liegen an den Pins 1, 2 und 4 beziehungsweise 12, 14 und 15. Sie sind unschwer als Eingänge zu erkennen. Der Takt wird an den Pin 3 beziehungsweise 13 angelegt. Die Ausgänge Q und $\overline{Q}$ lassen sich an den Pins 5 und 6 sowie 10 und 11 abnehmen. Zur Pindefinition sind also folgende Tasten zu drücken:

<E>, <E>, <T>, <E>, <A>, <A>, <->, <N>, <N> <A>, <A>, <E>, <T>, <E>, <E>

Nachdem mit <J> die Richtigkeit der Eingaben bestätigt wurde, folgt die Eingabe der Testdaten. Zuerst soll das Flip-Flop zurückgesetzt werden: Dazu ist an den Pin 1 und 15 ein High- und an den Pin 4 und 12 ein Low-Signal anzulegen. Die Ausgänge liefern dadurch eine »0« an Pin 5 und eine »1« an Pin 6. Für Flip-Flop 2 gilt das gleiche. Es ist lediglich noch der Takt zu definieren. Da es sich um ein positiv flankengetriggertes IC handelt, müssen die Pins 3 und 13 mit <↑> gekennzeichnet werden. Die komplette Testfunktion sieht folgendermaßen aus:

<0>, <1>, <↑>, <0>, <0>, <1>, <1>, <0>, <0>, <↑>, <1>, <1>

Nach zweimaligem Bestätigen mit <J> folgt die Setzeingabe:

<1>, <0>, <↑>, <0>, <1>, <0>, <0>, <1>, <0>, <↑>, <0>, <1>

Prüfen Sie diese Funktion bitte nach. Abschließend werden noch die Dateneingänge geprüft. Wenn R und S High-Pegel führen, überträgt der Baustein mit dem nächsten Takt den Pegel an D auf Q. Das heißt, es sind folgende Tasten zu drücken:

<1>, <0>, <↑>, <1>, <0>, <1>, <1>, <0>, <1>, <↑>, <0>, <1>

Der Low-Pegel wird also auf Q übertragen. Als weitere Testfunktion sollte noch die Funktion für High-Pegel eingegeben werden, doch können Sie dies zur Übung selbst tun.

Abschließende Bemerkung zur Eingabe von Testdaten: Wenn Sie einmal vor dem Problem stehen, einen Anfangszustand wissen zu müssen, um die Umschaltung von Q=Qn auf $\overline{Q}$=Qn+1 testen zu können, dann setzen Sie das IC zuerst. Damit erhalten Sie einen bestimmten Zustand, dessen Änderung kontrollierbar ist.

ICs testen

Mit der Taste <F3> lassen sich ICs testen. Das Programm fragt Sie nach dem Typ des Bausteins (zum Beispiel 7400). Nachdem Sie den Namen eingegeben haben, sucht der Computer in seiner Datei und prüft, ob das IC auf Diskette enthalten ist. Sollte dies nicht der Fall sein, meldet sich das Programm mit »IC NOCH NICHT REGISTRIERT«. Ist das Bauteil aber in der Liste enthalten und das IC in den Sockel eingesteckt, erfolgt der Test.

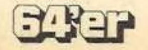
Beim Test werden die Bit-Muster der Testfunktion auf dem Bildschirm ausgegeben. Dabei bedeutet »SOLL« die Funktion, die am IC anliegen müßte und »IST« die Funktion, die tatsächlich vorliegt. Mit Hilfe dieser Anzeige läßt sich feststellen, welcher Eingang oder Ausgang defekt ist. Dazu müssen Sie lediglich die Zustände von »SOLL« und »IST« vergleichen. Bei Differenzen der Bits gibt die Pinnummer den fehlerhaften Ein-/Ausgang an.

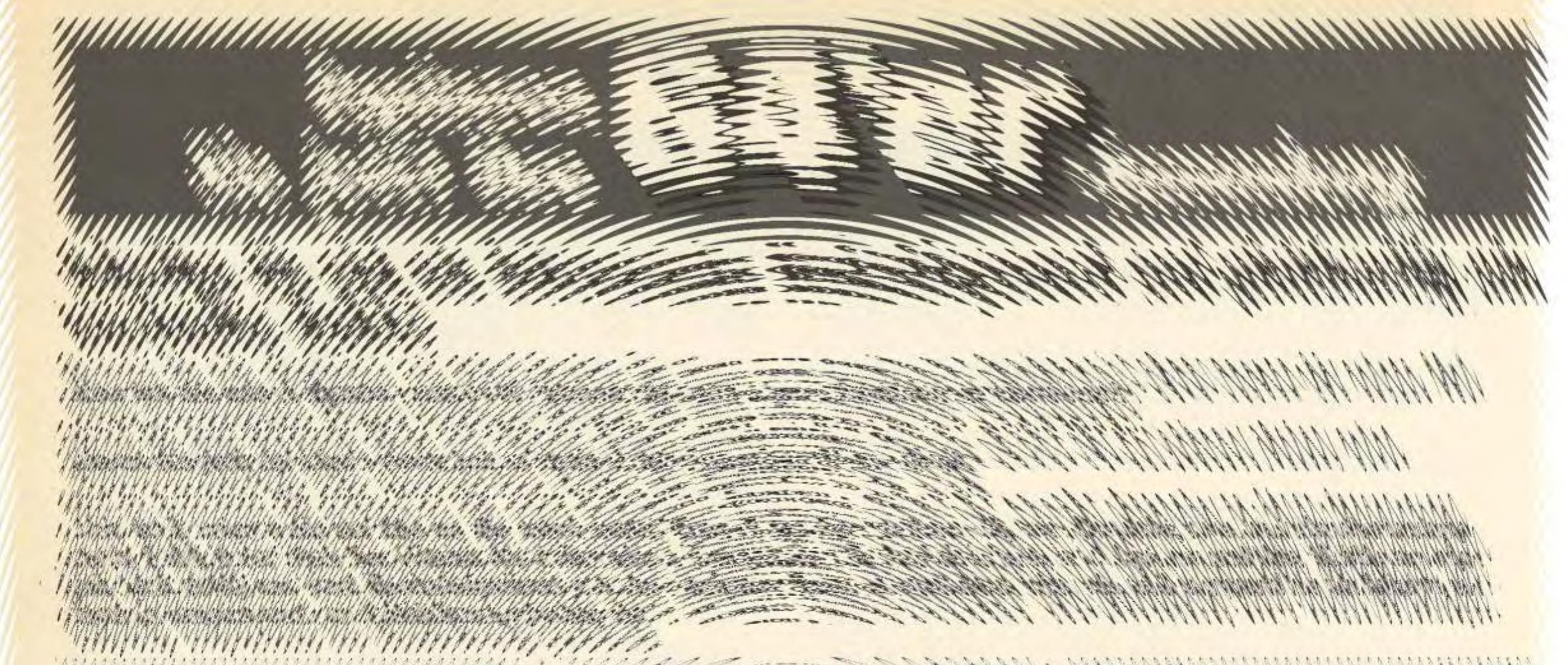
Wenn der Computer den Test abgeschlossen hat und kein Fehler aufgetreten ist, meldet sich das Programm mit »IC IN ORDNUNG«, andernfalls erscheint der Satz »IC DEFEKT«.

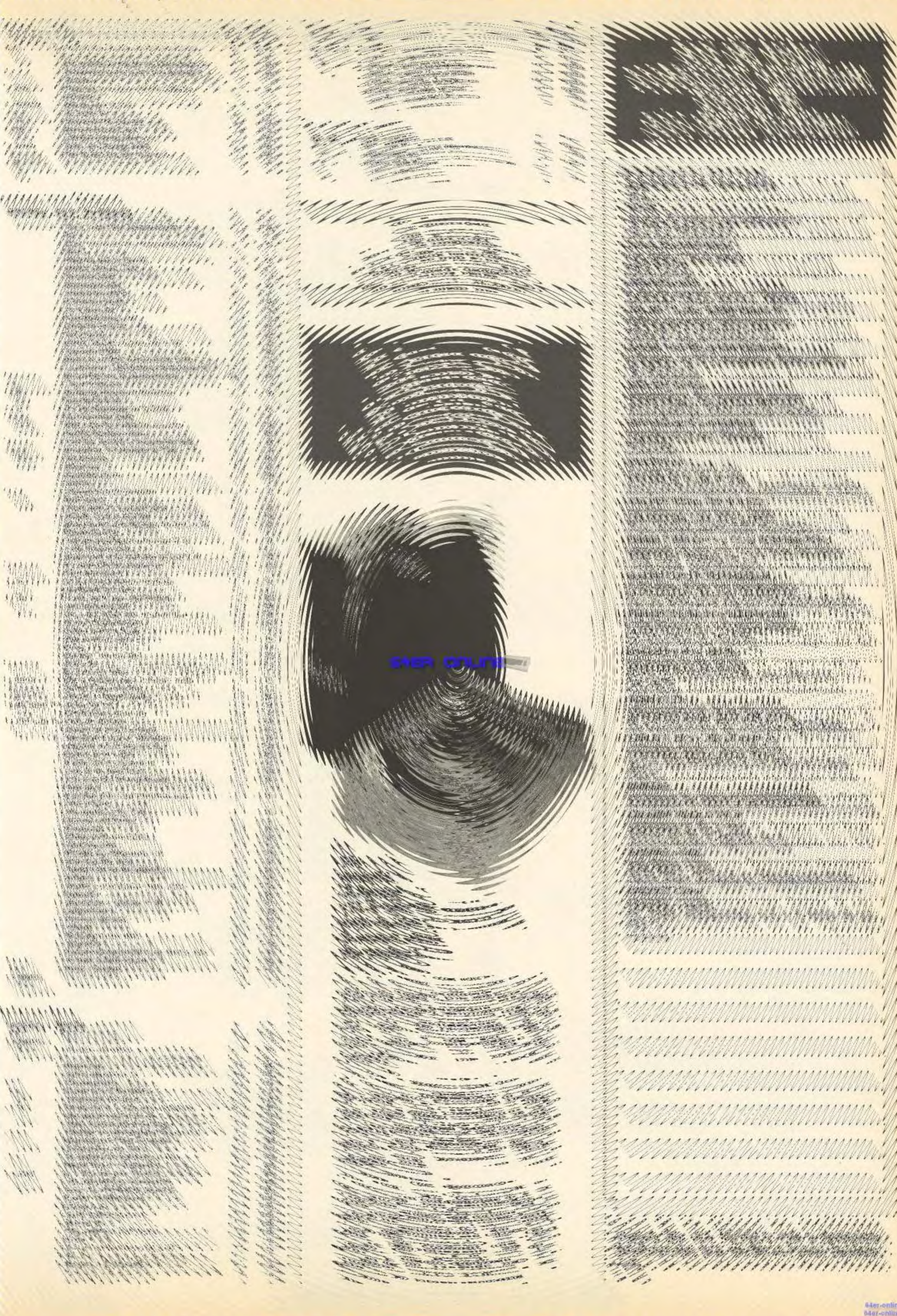
Beachten Sie, daß 14polige Bausteine nicht in die 16poligen Fassungen gesteckt werden dürfen.

Auf der Programmservice-Diskette zu diesem Sonderheft ist übrigens bereits eine Bibliothek der gebräuchlichsten SN74xxx-Typen enthalten, mit der gleich gearbeitet werden kann.

(Holger Achtermann/dm)



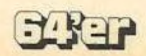



64ER ONLINE

```
0 DATA 173,0,193,141,3,222,173,1,193,141,2
  ,222,173,2,193,141,1,222,173,3            <231>
1 DATA 193,141,0,222,173,1,222,141,4,193,1
  73,0,222,141,5,193,96                     <122>
2 FOR I=0 TO 36:READ A:POKE 49152+I,A:NEXT <021>
3 DIM IC$(100),A(500),A$(20),B(500),F$(16)
  ,X$(16),IT$(100),N(17),ME(40)             <111>
4 DIM D1$(512),D2$(512)                     <100>
9 T=0                                       <242>
10 REM HAUPTMENUE                           <148>
11 REM ==========                           <000>
12 GOSUB 2000                               <232>
13 PRINT"{4SPACE}<F1> - IC DATEN EINGEBEN
   "                                        <254>
14 PRINT"{4SPACE}<F3> - IC{4SPACE}TESTEN{2
   SPACE}"                                  <112>
15 PRINT"{4SPACE}<F5> - IC DATEN LOESCHEN
   "                                        <241>
16 PRINT"{4SPACE}<F7> - GESPEICHERTE IC'S
   ANZEIGEN{2SPACE}"                        <007>
17 PRINT"{4SPACE}<F2> - GESPEICHERTE IC' S
   ORTIEREN{2SPACE}"                        <069>
20 GET T$:IF T$=""THEN 20                   <191>
21 IF T$="{F1}"THEN 300                     <136>
22 IF T$="{F3}"THEN 28                      <067>
23 IF T$="{F5}"THEN 3000                    <145>
24 IF T$="{F2}"THEN 5900                    <227>
26 IF T$="{F7}"THEN 5000                    <029>
27 GOTO 20                                  <213>
28 REM IC'S  TESTEN
    ================                        <250>
29 GOSUB 2000                               <249>
30 OPEN 1,8,2,"IC-TYPEN,S,R"                <090>
31 X=0                                      <024>
40 INPUT#1,IC$(X)                           <012>
50 IF ST<>64 THEN X=X+1:GOTO 40             <169>
60 CLOSE 1                                  <071>
65 PRINT"{2DOWN,3SPACE}BITTE IC TYP EINGEB
   EN:"                                     <146>
66 PRINT"{SPACE,4DOWN}<X> = ZURUECK ZUM HA
   UPTMENUE"                                <114>
67 INPUT "{3UP,3SPACE}IC-TYP =";IT$         <199>
68 IF IT$="X"THEN 10                        <008>
70 FOR I=0 TO X                             <028>
80 IF IT$=IC$(I)THEN 110                    <240>
90 NEXT I                                   <174>
100 PRINT"IC NICHT REGISTRIERT!":GOTO 65    <024>
110 REM DATEN FUER IC LADEN                 <049>
130 OPEN 1,8,2,IC$(I)+",S,R"                <061>
135 INPUT#1,FF                              <061>
140 INPUT#1,DA                              <193>
145 INPUT#1,DB                              <006>
150 I=1                                     <099>
160 INPUT#1,A(I)                            <252>
165 INPUT#1,B(I)                            <033>
170 IF ST<>64 THEN I=I+1:GOTO 160           <135>
180 CLOSE 1:AN=I                            <191>
200 REM TEST                                <123>
205 GOSUB 2000                              <169>
210 POKE 49408,DA:POKE 49409,DB             <155>
215 PRINT" SOLL{3SPACE}_{2SPACE}PIN{4SPACE
    }_{2SPACE}SOLL{3SPACE}_{3SPACE}PIN"     <179>
216 PRINT"{30SPACE}1111111"                 <212>
217 PRINT"{9SPACE}12345678{12SPACE}9012345
    6{DOWN}"                                <064>
220 FOR I=1 TO AN                           <148>
230 POKE 49410,A(I):POKE 49411,B(I)         <161>
235 SYS 49152                               <037>
236 IF FF=0 THEN 238                        <093>
237 IF INT(I/2)*2<I THEN 250                <188>
238 DZ=PEEK(49412):GOSUB 7000:DQ$=DU$:DZ=P
    EEK(49413):GOSUB 7000:DR$=DU$           <092>
240 DZ=A(I):GOSUB 7000:QW$=DU$:DZ=B(I):QT=
    B(I):GOSUB 7000:DZ$=DU$                 <225>
242 WX$=QW$+" "+DQ$+"{3SPACE}"+DZ$+" "+DR$ <229>
248 PRINT WX$                               <033>
249 IF PEEK(49412)<>A(I)OR PEEK(49413)<>B(
    I)THEN PRINT"{DOWN,7SPACE,RVSON}IC DEF
    EKT{RVOFF}!!!!":GOTO 270                <156>
250 NEXT I                                  <078>
260 PRINT"IC IN ORDNUNG"                    <104>
270 PRINT"{DOWN,3SPACE}<EINE TASTE>"        <152>
280 GET T$:IF T$=""THEN 280                 <223>
290 GOTO 10                                 <214>
300 REM EINGABE DER TESTFUNKTIONEN          <003>
310 REM ==========================          <035>
315 AN=AN+1:FF=0                            <016>
320 GOSUB 2000                              <030>
330 PRINT"BITTE GEBEN SIE DEN IC-TYP EIN{D
    OWN}"                                   <137>
340 INPUT"{3SPACE}IC-TYP=";IT$              <239>
350 GOSUB 2000                              <060>
360 PRINT"{DOWN,SPACE}GEBEN SIE DIE PINFKT
    N. AN "                                 <046>
365 FF=0                                    <235>
370 PRINT"{DOWN}A=OUT{2SPACE}E=IN{2SPACE}T
    =TAKT{3SPACE}-=MASSE{2SPACE}N=NC{2DOWN
    }"                                      <255>
380 PRINT"{2SPACE}†**F***F***F***F***F***F
    ***F***F**S"                            <200>
390 PRINT"{2SPACE}B 16{2SPACE}15{2SPACE}14
    {2SPACE}13{2SPACE}12{2SPACE}11{2SPACE}
    10{3SPACE}9{2SPACE}_"                   <032>
400 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}_"              <120>
410 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}_"              <130>
413 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}_"              <118>
415 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}_"              <135>
417 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}_"              <137>
420 PRINT"{2SPACE}B{2SPACE}1{3SPACE}2{3SPA
    CE}3{3SPACE}4{3SPACE}5{3SPACE}6{3SPACE
    }7{3SPACE}8{2SPACE}_"                   <137>
430 PRINT"{2SPACE}Z**R***R***R***R***R***R
    ***R***R**X"                            <177>
440 PRINT"{5UP,17RIGHT}";IT$                <243>
445 PRINT"{4DOWN,6RIGHT}";                  <129>
450 FOR I=1 TO 8                            <170>
470 PRINT"{LEFT,RVSON,SPACE}";:PRINT"{LEFT
    ,RVOFF,SPACE}";:GET T$:IF T$=""THEN 47
    0                                       <052>
472 IF T$="T"THEN FF=1:GOTO 480             <183>
475 IF T$="A"OR T$="E"OR T$="-"OR T$="N"TH
    EN 480                                  <145>
476 GOTO 470                                <030>
480 PRINT"{DOWN,LEFT}";T$;:F$(I)=T$         <049>
490 PRINT"{4SPACE,UP}";                     <142>
500 NEXT I                                  <074>
510 PRINT"{10UP,RIGHT,UP,35RIGHT}";         <077>
520 FOR I=9 TO 16                           <165>
525 IF I=16 THEN T$="+":GOTO 535            <104>
530 PRINT"{LEFT,RVSON,SPACE}";:PRINT"{LEFT
    ,RVOFF,SPACE}";:GET T$:IF T$=""THEN 53
    0                                       <058>
533 IF T$="T"THEN FF=1:GOTO 540             <239>
535 IF T$="A"OR T$="E"OR T$="+"OR T$="-"OR
     T$="N"THEN 540                         <104>
536 GOTO 530                                <036>
540 PRINT"{UP,LEFT}";T$;:F$(I)=T$           <119>
550 PRINT"{4LEFT,DOWN}";                    <163>
560 NEXT I                                  <136>
570 PRINT"{13DOWN,SPACE}KORREKT{2SPACE}<J/
    N>";                                    <228>
580 GET X$:IF X$=""THEN 580                 <143>
590 IF X$="J"THEN 600                       <084>
591 IF X$<>"N"THEN 580                      <218>
592 GOSUB 2000:GOTO 360                     <149>
600 REM AUSWERTUNG FUER DDRA UND DDRB       <229>
610 REM!============================        <066>
620 DA$=""                                  <188>
630 FOR I=1 TO 8                            <096>
640 IF F$(I)="A"THEN DA$=DA$+"0"            <236>
650 IF F$(I)="-"THEN DA$=DA$+"1"            <229>
660 IF F$(I)="+"THEN DA$=DA$+"1"            <231>
670 IF F$(I)="E"THEN DA$=DA$+"1"            <090>
680 IF F$(I)="N"THEN DA$=DA$+"1"            <136>
685 IF F$(I)="T"THEN DA$=DA$+"1"            <165>
690 NEXT I                                  <010>
700 DU$=DA$                                 <232>
702 GOSUB 2100                              <174>
704 DA=DZ                                   <040>
710 DB$=""                                  <030>
720 FOR I=9 TO 16                           <109>
730 IF F$(I)="A"THEN DB$=DB$+"0"            <138>
740 IF F$(I)="-"THEN DB$=DB$+"1"            <131>
750 IF F$(I)="+"THEN DB$=DB$+"1"            <133>
760 IF F$(I)="E"THEN DB$=DB$+"1"            <248>
770 IF F$(I)="N"THEN DB$=DB$+"1"            <040>
775 IF F$(I)="T"THEN DB$=DB$+"1"            <069>
780 NEXT I                                  <102>
790 DU$=DB$                                 <197>
800 GOSUB 2100                              <120>
810 DB=DZ                                   <156>
900 REM TEST DATEN                          <207>
```

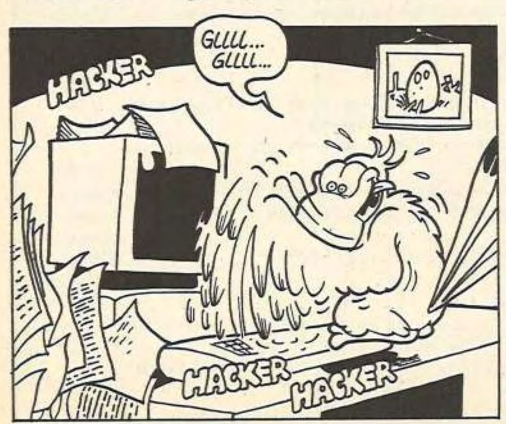
Listing 1. Das Steuerprogramm für den »IC-Tester«

```
902 REM===========                              <119>
904 GOSUB 2000                                  <106>
905 PRINT"{3SPACE}GEBEN SIE DIE PEGEL DER
    PINS AN":PRINT"{DOWN,SPACE}1=HI 0=LO X
    =1/0";                                      <249>
906 PRINT" ↑=0/1-TAKT{2SPACE}←=1/0-TAKT{4D
    OWN}"                                       <017>
908 PRINT"{2SPACE}↑**F***F***F***F***F***F
    ***F***F**S"                                <220>
909 PRINT"{2SPACE}B 16{2SPACE}15{2SPACE}14
    {2SPACE}13{2SPACE}12{2SPACE}11{2SPACE}
    10{3SPACE}9{2SPACE}-"                       <043>
910 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}-"                  <122>
911 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}-"                  <123>
912 PRINT"{2SPACE}Q{33SPACE}-"                  <109>
914 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}-"                  <126>
916 PRINT"{2SPACE}B{33SPACE}-"                  <128>
918 PRINT"{2SPACE}B{2SPACE}1{3SPACE}2{3SPA
    CE}3{3SPACE}4{3SPACE}5{3SPACE}6{3SPACE
    }7{3SPACE}8{2SPACE}-"                       <127>
920 PRINT"{2SPACE}Z**R***R***R***R***R***R
    ***R***R**X"                                <159>
922 PRINT"{5UP,17RIGHT}";IT$                    <217>
924 PRINT"{4DOWN,6RIGHT}";                      <100>
925 FE=0:FX=0                                   <069>
926 FOR I=1 TO 8                                <138>
927 IF F$(I)="T"THEN PRINT"{DOWN,LEFT}";"T
    ";"{UP}";                                   <078>
928 IF F$(I)="+"OR F$(I)="-"OR F$(I)="N"TH
    EN T$=F$(I):GOTO 934                        <245>
929 PRINT"{LEFT,RVSON,SPACE}";:PRINT"{LEFT
    ,RVOFF,SPACE}";:GET T$:IF T$=""THEN 92
    9                                           <252>
930 IF T$="1"OR T$="0"OR T$="X"THEN 934         <037>
931 IF T$="↑"OR T$="←"THEN FF=1:GOTO 934        <232>
932 GOTO 928                                    <195>
934 PRINT"{DOWN,LEFT}";T$;:X$(I)=T$             <028>
935 IF T$="X"THEN FX=1                          <102>
936 PRINT"{4SPACE,UP}";                         <080>
937 IF FF=1 AND FX=1 THEN FE=1                  <082>
938 NEXT I                                      <004>
940 PRINT"{10UP,RIGHT,UP,RIGHT,UP,34RIGHT}
    ";                                          <149>
941 FOR I=9 TO 16                               <076>
942 IF F$(I)="T"THEN FF=1:PRINT"{UP,LEFT}"
    ;"T{DOWN}";                                 <164>
943 IF F$(I)="+"OR F$(I)="-"OR F$(I)="N"TH
    EN T$=F$(I):GOTO 950                        <164>
944 PRINT"{LEFT,RVSON,SPACE}";:PRINT"{LEFT
    ,RVOFF,SPACE}";:GET T$:IF T$=""THEN 94
    4                                           <138>
946 IF T$="1"OR T$="0"OR T$="X"THEN 950         <041>
947 IF T$="↑"OR T$="←"THEN FF=1:GOTO 950        <242>
948 GOTO 944                                    <114>
950 PRINT"{UP,LEFT}";T$;:X$(I)=T$               <052>
951 IF T$="X"THEN FX=1                          <118>
952 PRINT"{4LEFT,DOWN}";                        <055>
953 IF FF=1 AND FX=1 THEN FE=1                  <098>
954 NEXT I                                      <020>
955 IF FE=0 THEN 959                            <049>
956 PRINT"{14DOWN,SPACE}BITTE KEINE X-EING
    ABE BEI FLANKENGE-{5SPACE}STEUERTEN IC
    'S                                          <152>
957 PRINT"{4SPACE}<EINE TASTE>{UP}":GET T$
    :IF T$<>""THEN FX=0:FE=0:FF=0:GOTO 300      <122>
958 GOTO 957                                    <236>
959 PRINT"{14DOWN,SPACE}KORREKT{2SPACE}<J/
    N>"                                         <025>
960 GET X$:IF X$=""THEN 960                     <013>
961 IF X$="J"THEN 968                           <133>
962 IF X$<>"N"THEN 960                          <079>
964 GOSUB 2000:GOTO 904                         <031>
968 PRINT"{UP,26SPACE}":IF FF=1 THEN 4000       <110>
970 REM DRA UND DRB BERCHNEN                    <140>
971 REM ===================                     <183>
972 A$=""                                       <239>
974 FOR I=1 TO 16                               <108>
976 IF X$(I)="1"OR X$(I)="+"OR X$(I)="N"TH
    EN A$=A$+"1"                                <192>
977 IF X$(I)="X"THEN A$=A$+"X"                  <109>
978 IF X$(I)="0"OR X$(I)="-"THEN A$=A$+"0"      <190>
982 NEXT I                                      <048>
983 X$=A$:XW=1                                  <049>
984 GOSUB 20000                                 <210>
985 FOR Z=1 TO XW-1                             <207>
986 DU$=D1$(Z):GOSUB 2100:A(T+Z)=DZ             <080>
987 DU$=D2$(Z):GOSUB 2100:B(T+Z)=DZ             <218>
989 NEXT Z                                      <191>
990 T=T+XW-1                                    <050>
1008 PRINT"{UP,2SPACE}WEITERE TEST DATEN <
     J/N>"                                      <200>
1010 GET T$:IF T$="N"THEN 1040                  <070>
1020 IF T$="J"THEN 904                          <048>
1030 GOTO 1010                                  <242>
1040 OPEN 1,8,2,IT$+",S,W"                      <064>
1045 PRINT#1,FF                                 <035>
1050 PRINT#1,DA                                 <167>
1055 PRINT#1,DB                                 <236>
1060 FOR I=1 TO T                               <032>
1070 PRINT#1,A(I)                               <226>
1075 PRINT#1,B(I)                               <007>
1080 NEXT I                                     <148>
1090 CLOSE 1                                    <085>
1100 OPEN 1,8,2,"IC-TYPEN,S,A"                  <110>
1110 PRINT#1,IT$                                <091>
1120 CLOSE 1                                    <115>
1900 GOTO 10                                    <044>
1999 END                                        <223>
2000 REM MENUE KOPF                             <246>
2001 REM ==========                             <212>
2010 PRINT"{CLR,WHITE,RVSON}PROJEKTARBEIT
     VON H.ACHTERMANN JAN. 1986";               <073>
2012 PRINT"{40SPACE}";                          <234>
2014 PRINT"{15SPACE}IC-TESTER{16SPACE}"         <163>
2040 RETURN                                     <064>
2100 REM DUAL IN HEX UMWANDLUNG                 <125>
2110 REM ======================                 <015>
2115 DZ=0                                       <103>
2120 FOR I=7 TO 0 STEP-1                        <190>
2130 IF MID$(DU$,8-I,1)="1"THEN DZ=DZ+2↑I       <156>
2140 NEXT I                                     <192>
2150 RETURN                                     <176>
3000 REM IC-DATEN LOESCHEN                      <117>
3010 REM ================                       <245>
3020 GOSUB 2000                                 <190>
3030 INPUT"{2DOWN,SPACE}GEBEN SIE DEN IC-T
     YP EIN:";T$                                <231>
3032 PRINT"{2SPACE}SIND SIE SICHER ????{2S
     PACE}<J/N>{2SPACE}"                        <118>
3033 GET X$:IF X$=""THEN 3033                   <168>
3034 IF X$<>"J"THEN 10                          <205>
3040 OPEN 1,8,15,"S:"+T$                        <247>
3045 CLOSE 1                                    <006>
3046 OPEN 1,8,2,"IC-TYPEN,S,R"                  <056>
3050 I=1                                        <205>
3060 INPUT#1,IT$(I)                             <021>
3070 IF ST<>64 THEN I=I+1:GOTO 3060             <016>
3080 CLOSE 1                                    <043>
3090 FOR J=1 TO I-1                             <173>
3100 IF T$=IT$(J)THEN IT$(J)=IT$(J+1):T$=I
     T$(J+1)                                    <206>
3105 NEXT J                                     <149>
3110 OPEN 1,8,2,"@:IC-TYPEN,S,W"                <105>
3120 FOR K=1 TO I-1                             <211>
3130 PRINT#1,IT$(K)                             <177>
3137 L=K                                        <211>
3140 NEXT K                                     <192>
3150 CLOSE 1                                    <113>
3155 IT$(L+1)="":IC$(L)=""                      <128>
3160 OPEN 15,8,15                               <014>
3170 INPUT#15,A,B$,C,D                          <241>
3180 PRINT"{2DOWN}"A;B$,C,D                     <208>
3190 CLOSE 15                                   <236>
3195 FOR I=1 TO 2000:NEXT I                     <232>
3200 GOTO 10                                    <074>
4000 REM 1/0 ODER 0/1 FLANKEN ERRECHNEN         <123>
4010 REM ==============================         <132>
4020 FOR J=48 TO 49                             <225>
4021 A$="":T=T+1                                <127>
4022 FOR I=1 TO 8                               <186>
4023 IF X$(I)="1"OR X$(I)="+"OR X$(I)="N"O
     R X$(I)="X"THEN A$=A$+"1"                  <081>
4024 IF X$(I)="0"OR X$(I)="-"THEN A$=A$+"0
     "                                          <188>
4026 IF X$(I)="↑"THEN A$=A$+CHR$(J)             <255>
4028 IF X$(I)="←"THEN A$=A$+CHR$(97-J)          <215>
4050 NEXT I                                     <068>
4060 DU$=A$:GOSUB 2100:A(T)=DZ                  <036>
4065 A$=""                                      <028>
4070 FOR I=9 TO 16                              <157>
4080 IF X$(I)="1"OR X$(I)="+"OR X$(I)="N"O
     R X$(I)="X"THEN A$=A$+"1"                  <138>
4090 IF X$(I)="0"OR X$(I)="-"THEN A$=A$+"0
     "                                          <254>
```



```
4100 IF X$(I)="↑"THEN A$=A$+CHR$(J)          <075>
4110 IF X$(I)="←"THEN A$=A$+CHR$(97-J)       <043>
4120 NEXT I                                   <140>
4130 DU$=A$:GOSUB 2100:B(T)=DZ                <237>
4150 NEXT J                                   <178>
4200 GOTO 1008                                <078>
5000 REM IC´DATEN ANZEIGEN                    <078>
5010 REM==================                    <079>
5030 OPEN 1,8,2,"IC-TYPEN,S,R"                <008>
5032 X=0                                      <199>
5034 INPUT#1,IC$(X)                           <180>
5036 IF ST<>64 THEN X=X+1:GOTO 5034           <039>
5038 CLOSE 1                                  <223>
5072 A=0                                      <147>
5075 PRINT"{CLR,2SPACE}GESPEICHERTE IC-TYP
     EN{DOWN}"                                <249>
5080 FOR I=0 TO X STEP 2                      <225>
5090 PRINT IC$(I),IC$(I+1):A=A+1              <214>
5092 IF A<15 THEN 5100                        <155>
5094 PRINT"WEITER MIT EINER TASTE{UP}":GET
     T$:IF T$=""THEN 5094                     <119>
5096 A=0:PRINT"{CLR,2SPACE}GESPEICHERTE IC
     -TYPEN{DOWN}"                            <120>
5100 NEXT I                                   <102>
5110 PRINT"{DOWN,SPACE}KEINE WEITEREN IC´S
      GESPEICHERT":PRINT" WEITER MIT EINER
      TASTE"                                  <124>
5120 GET T$:IF T$=""THEN 5120                 <188>
5130 GOTO 10                                  <228>
5900 REM IC´DATEN SORTIEREN                   <163>
5910 REM===================                   <219>
5920 GOSUB 2000                               <132>
5922 PRINT"{3DOWN,2SPACE}IC´S NUMERISCH SO
     RTIEREN{SPACE,2DOWN}"                    <101>
5930 OPEN 1,8,2,"IC-TYPEN,S,R"                <148>
5932 X=0:Z=0                                  <185>
5934 INPUT#1,IC$(X)                           <064>
5935 IF LEN(IC$(X))>4 THEN IT$(Z)=IC$(X):X
     =X-1:Z=Z+1                               <053>
5936 IF ST<>64 THEN X=X+1:GOTO 5934           <215>
5938 CLOSE 1                                  <107>
5940 W=0:Z=Z-1                                <002>
6000 I=X:TAUSCH=0                             <084>
6010 K=3                                      <157>
6020 IF K>4 THEN 6070                         <061>
6030 IF MID$(IC$(I),K,1)>MID$(IC$(I-1),K,1
     )THEN 6060                               <237>
6040 IF MID$(IC$(I),K,1)=MID$(IC$(I-1),K,1
     )THEN K=K+1:GOTO 6020                    <211>
6050 Q$=IC$(I):IC$(I)=IC$(I-1):IC$(I-1)=Q$
     :TAUSCH=1                                <210>
6060 PRINT"{UP,2SPACE}SORT. LAEUFT{4SPACE}
     ";W:W=W+1                                <096>
6070 I=I-1:IF I=0 THEN 6090                   <144>
6080 GOTO 6010                                <250>
6090 IF TAUSCH=1 THEN:GOTO 6000               <178>
6091 I=Z:TAUSCH=0                             <207>
6092 K=3                                      <239>
6093 IF K>5 THEN 6098                         <202>
6094 IF MID$(IT$(I),K,1)>MID$(IT$(I-1),K,1
     )THEN 6097                               <011>
6095 IF MID$(IT$(I),K,1)=MID$(IT$(I-1),K,1
     )THEN K=K+1:GOTO 6093                    <148>
6096 Q$=IT$(I):IT$(I)=IT$(I-1):IT$(I-1)=Q$
     :TAUSCH=1                                <154>
6097 PRINT"{UP,2SPACE}SORT. LAEUFT{4SPACE}
     ";W:W=W+1                                <133>
6098 I=I-1:IF I=0 THEN 6100                   <104>
6099 GOTO 6092                                <142>
6100 IF TAUSCH=1 THEN:GOTO 6091               <199>
6105 OPEN 1,8,2,"@:IC-TYPEN,S,W"              <050>
6110 FOR I=0 TO X                             <226>
6120 PRINT#1,IC$(I)                           <044>
6130 NEXT I                                   <116>
6132 FOR I=0 TO Z                             <249>
6134 PRINT#1,IT$(I)                           <127>
6136 NEXT I                                   <122>
6140 CLOSE 1                                  <053>
6150 GOTO 9                                   <037>
7000 REM DEZ IN DUAL
     ===============                          <104>
7005 DU$="":DW$=""                            <182>
7007 FOR XZ=1 TO 8                            <046>
7010 IF(DZ/2)=INT(DZ/2)THEN DW$=DW$+"0":GO
     TO 7020                                  <165>
7015 DW$=DW$+"1"                              <104>
7020 DZ=INT(DZ/2):NEXT XZ                     <142>
7025 FOR XW=0 TO 7:DU$=DU$+MID$(DW$,8-XW,1
     ):NEXT XW                                <011>
7030 DZ=0:RETURN                              <149>
20000 FOR I=1 TO 16:N(I)=0:NEXT I             <254>
20005 FOR I=1 TO 16                           <089>
20010 IF MID$(X$,I,1)="X"THEN N(I)=1          <155>
20040 NEXT I                                  <056>
20042 T1=0:T2=0:T3=0:T4=0:T5=0:T6=0:T7=0:T
      8=0:T9=0:S1=0:S2=0:S3=0:S4=0:S5=0       <237>
20043 S6=0:S7=0                               <169>
20050 GOTO 20123                              <243>
20051 S7=S7+1:IF S7>1 THEN S7=0               <237>
20052 S6=S6+1:IF S6>1 THEN S6=0               <148>
20053 S5=S5+1:IF S5>1 THEN S5=0               <059>
20054 S4=S4+1:IF S4>1 THEN S4=0               <226>
20055 S3=S3+1:IF S3>1 THEN S3=0               <136>
20056 S2=S2+1:IF S2>1 THEN S2=0               <047>
20057 S1=S1+1:IF S1>1 THEN S1=0               <214>
20058 T9=T9+1:IF T9>1 THEN T9=0               <214>
20060 T8=T8+1:IF T8>1 THEN T8=0               <126>
20070 T7=T7+1:IF T7>1 THEN T7=0               <045>
20080 T6=T6+1:IF T6>1 THEN T6=0               <221>
20090 T5=T5+1:IF T5>1 THEN T5=0               <141>
20100 T4=T4+1:IF T4>1 THEN T4=0               <061>
20110 T3=T3+1:IF T3>1 THEN T3=0               <236>
20120 T2=T2+1:IF T2>1 THEN T2=0               <156>
20122 T1=T1+1:IF T1>1 THEN T1=0               <068>
20123 IF N(1)=0 THEN A$=MID$(X$,1,1):GOTO
      20125                                   <230>
20124 A$=STR$(2↑S7-1):A$=MID$(A$,2,1)         <026>
20125 IF N(2)=0 THEN B$=MID$(X$,2,1):GOTO
      20127                                   <048>
20126 B$=STR$(2↑S6-1):B$=MID$(B$,2,1)         <173>
20127 IF N(3)=0 THEN C$=MID$(X$,3,1):GOTO
      20129                                   <122>
```









```
20128 C$=STR$(2↑S5-1):C$=MID$(C$,2,1)              <063>
20129 IF N(4)=0 THEN D$=MID$(X$,4,1):GOTO
      20131                                         <044>
20130 D$=STR$(2↑S4-1):D$=MID$(D$,2,1)              <210>
20131 IF N(5)=0 THEN E$=MID$(X$,5,1):GOTO
      20133                                         <118>
20132 E$=STR$(2↑S3-1):E$=MID$(E$,2,1)              <100>
20133 IF N(6)=0 THEN F$=MID$(X$,6,1):GOTO
      20135                                         <192>
20134 F$=STR$(2↑S2-1):F$=MID$(F$,2,1)              <247>
20135 IF N(7)=0 THEN G$=MID$(X$,7,1):GOTO
      20137                                         <010>
20136 G$=STR$(2↑S1-1):G$=MID$(G$,2,1)              <137>
20137 IF N(8)=0 THEN H$=MID$(X$,8,1):GOTO
      20158                                         <085>
20138 H$=STR$(2↑T9-1):H$=MID$(H$,2,1)              <066>
20158 IF N(9)=0 THEN K$=MID$(X$,9,1):GOTO
      20160                                         <034>
20159 K$=STR$(2↑T8-1):K$=MID$(K$,2,1)              <016>
20160 IF N(10)=0 THEN L$=MID$(X$,10,1):GOT
      O 20180                                       <177>
20170 L$=STR$(2↑T7-1):L$=MID$(L$,2,1)              <172>
20180 IF N(11)=0 THEN M$=MID$(X$,11,1):GOT
      O 20230                                       <140>
20220 M$=STR$(2↑T6-1):M$=MID$(M$,2,1)              <110>
20230 IF N(12)=0 THEN N$=MID$(X$,12,1):GOT
      O 20250                                       <088>
20240 N$=STR$(2↑T5-1):N$=MID$(N$,2,1)              <021>
20250 IF N(13)=0 THEN O$=MID$(X$,13,1):GOT
      O 20270                                       <004>
20260 O$=STR$(2↑T4-1):O$=MID$(O$,2,1)              <185>
20270 IF N(14)=0 THEN P$=MID$(X$,14,1):GOT
      O 20290                                       <178>
20280 P$=STR$(2↑T3-1):P$=MID$(P$,2,1)              <095>
20290 IF N(15)=0 THEN Q$=MID$(X$,15,1):GOT
      O 20310                                       <045>
20300 Q$=STR$(2↑T2-1):Q$=MID$(Q$,2,1)              <003>
20310 IF N(16)=0 THEN R$=MID$(X$,16,1):GOT
      O 20330                                       <217>
20320 R$=STR$(2↑T1-1):R$=MID$(R$,2,1)              <168>
20330 DU$=A$+B$+C$+D$+E$+F$+G$+H$+K$+L$+M$
      +N$+O$+P$+Q$+R$                               <025>
20335 D1$(XW)=LEFT$(DU$,8):D2$(XW)=RIGHT$(
      DU$,8)                                        <145>
20340 PRINT"{UP}";XW:XW=XW+1                        <087>
20350 IF T1=0 AND N(16)=1 THEN 20122                <092>
20360 IF T2=0 AND N(15)=1 THEN 20120                <078>
20370 IF T3=0 AND N(14)=1 THEN 20110                <088>
20380 IF T4=0 AND N(13)=1 THEN 20100                <098>
20390 IF T5=0 AND N(12)=1 THEN 20090                <184>
20410 IF T6=0 AND N(11)=1 THEN 20080                <204>
20420 IF T7=0 AND N(10)=1 THEN 20070                <214>
20430 IF T8=0 AND N(9)=1 THEN 20060                 <255>
20440 IF T9=0 AND N(8)=1 THEN 20058                 <081>
20450 IF S1=0 AND N(7)=1 THEN 20057                 <199>
20460 IF S2=0 AND N(6)=1 THEN 20056                 <213>
20470 IF S3=0 AND N(5)=1 THEN 20055                 <227>
20480 IF S4=0 AND N(4)=1 THEN 20054                 <243>
20490 IF S5=0 AND N(3)=1 THEN 20053                 <001>
20495 IF S6=0 AND N(2)=1 THEN 20052                 <010>
20500 IF S7=0 AND N(1)=1 THEN 20051                 <019>
20600 RETURN                                        <082>
```

Listing 1. Das Steuerprogramm für den »IC-Tester« (Schluß)

```
90 DIM A(100),B(100)                                <206>
100 INPUT"{CLR}NAME DER SEQ-DATEI:";IC$             <094>
130 OPEN 1,8,2,IC$+",S,R"                           <092>
135 INPUT#1,FF                                      <061>
140 INPUT#1,DA                                      <193>
145 INPUT#1,DB                                      <006>
150 I=1                                             <099>
160 INPUT#1,A(I)                                    <252>
165 INPUT#1,B(I)                                    <033>
170 IF ST<>64 THEN I=I+1:GOTO 160                   <135>
180 CLOSE 1:AN=I                                    <191>
200 PRINT"FF=";FF                                   <171>
210 PRINT"DA=";DA;TAB(20);"DB=";DB                  <193>
220 FOR I=1 TO AN                                   <148>
230 PRINT"A";I;"=";A(I);TAB(20);"B";I;"=";
    B(I)                                            <071>
240 NEXT I                                          <068>
```

Listing 2. Anzeige der IC-Bibliothek

Frequenzen messen mit dem C 64

Durch den leicht programmierbaren User-Port des C 64 ist dieser Computer gut als Meßgerät zu verwenden. Diesen Frequenzzähler können Sie leicht nachmachen, da nur wenig Hardware dazu notwendig ist.

Was macht eine Bauanleitung in einem Hardware-Sonderheft, zu der eigentlich gar keine Hardware notwendig ist? Nun, jeder, der mit Hardware experimentiert oder Hardware nachbaut, benötigt irgendwann ganz bestimmte Meßgeräte wie beispielsweise einen Frequenzzähler, mit dem Sie die Frequenz eines Signals genau feststellen können. Solch ein Meßgerät ist sehr nützlich, wenn elektronische Schwingschaltungen auf eine genaue Frequenz abgeglichen werden müssen oder Impulse über eine bestimmte Zeit gezählt werden sollen (zum Beispiel von einer Lichtschranke). Hier finden Sie eine einfache und leistungsstarke Lösung für eine Frequenzmessung mit Ihrem C 64, bei der Sie in der Grundversion sogar völlig ohne Hardware-Erweiterung auskommen.

Für die Frequenzzählung an TTL-Pegeln (0 Volt und +5 Volt) bietet sich für Ihren C 64 eine reine Software-Lösung an. Das dazu notwendige Programm besteht aus einem Basic- und einem Maschinenspracheteil. Zunächst einige Informationen zum Basic-Teil.

Wenn Sie das Basic-Programm (Listing 1) abgetippt haben, dann speichern Sie es bitte zuerst, denn es lädt nach dem Starten das Maschinenprogramm (Listing 2) nach, das allerdings jetzt noch nicht vorhanden ist. Im Basic-Programm wird menümäßig die Torzeit festgelegt. Das ist die Zeit, während der Ihr Computer die Frequenz mißt. Sie können wählen von $1/128$ s bis zu 128 s. Nach Ablauf der Torzeit wird die Frequenz oben auf dem Bildschirm in Hertz angezeigt und jeweils nach Ablauf einer weiteren Torzeit aktualisiert. Treten unterschiedliche Frequenzen auf, dann wird der Mittelwert einer Torzeit ausgegeben.

Durch Drücken der Taste <SHIFT> wird dieser Meß- und Anzeigevorgang unterbrochen und Sie können wieder eine neue Torzeit wählen. Da die gedrückte Taste allerdings erst nach Ablauf der Torzeit abgefragt wird, empfiehlt es sich, bei langen Torzeiten die <SHIFT/LOCK>-Taste zu drücken. Achten Sie aber darauf, daß diese Taste bei der anschließenden Menüauswahl nicht mehr gedrückt sein darf. Mit <RUN/STOP + RESTORE> können Sie das Programm auch während dem Meßvorgang abbrechen.

Das Basic-Programm übergibt in den Adressen 704 bis 708 ($02C0 bis $02C4) die Parameter an das Maschinenprogramm und holt sie dort auch wieder.

Der Maschinenspracheteil (Listing 2) hat den Namen »52000count.obj« und steht im Speicher von Adresse 52000 bis 52236 ($CB20 bis $CC0C). Im Programm werden die Timer von CIA1 für das Timing genutzt, während der Timer A von CIA2 zum Zählen der Impulse dient. Das Programm nutzt dabei die Interrupts und verhindert während der Torzeit die Tastaturabfrage. Um die Meßroutine so schnell wie möglich zu machen, wird der Interrupt nicht über den IRQ-Vektor in $0314 geführt, sondern direkt aus dem RAM bei $FFFE geholt. Da das Maschinenprogramm abschließend die normale Interrupt-Routine wieder herstellt, sind Kompatibilitätsprobleme zu Floppy-Speedern nicht zu erwarten.

Als Eingang für die zu messende Wechselspannung dient Pin 6 am User-Port. Die Masse können Sie an Pin 1 abnehmen. TTL-Signale können direkt am User-Port angelegt werden; ebenfalls Wechselspannungen, die im Spannungspegel entsprechend sind (eventuell auch über einen Spannungsteiler).

Kleinere Wechselspannungen, wie Audiosignale von einem Kassettenrecorder, müssen erst über eine Verstärkerstufe und einen Schmitt-Trigger aufbereitet werden. Das gleiche können Sie aber auch mit der Schaltung aus Bild 1 erreichen. Auf etwas ungewöhnliche Weise wird hier ein Negierer als Verstärker genutzt. Ähnlich wie bei Operationsverstärkern ist der Rückkoppel-Widerstand für die Empfindlichkeit der Schaltung zuständig. Ein größerer Widerstand erhöht die Empfindlichkeit. Die anschließende Stufe mit zwei Negierern und Rückkoppel-Widerstand sichert die TTL-Pegel. Mit dem folgenden Negierer wird die bis dahin bestehende Invertierung rückgängig gemacht.

Die Schaltung läßt sich mit einem IC des Typs 4069, der sechs Negierer enthält, leicht auf einer Lochrasterplatine aufbauen. Die Pin-Belegung dieses CMOS-Bausteins finden Sie im Bild 2. Die Eingänge der frei bleibenden Negierer (Pin 11 und 13) sollten nicht offenbleiben (Gefahr von Störschwingungen). Sie sollten mit +5 Volt verbunden werden, damit die Ausgänge auf Masse liegen. In der Stückliste (Tabelle 1) sind alle notwendigen Bauteile noch einmal zusammengefaßt.

Meßtöne zum Probieren können Sie beispielsweise vom Fernseher abnehmen, wenn das Testbild gesendet wird. Mit dem Meßprogramm können übrigens Frequenzen bis zu 1/4 des Systemtakts erfaßt werden, also über 200 kHz.

Auf eines sollten Sie allerdings unbedingt achten: Legen Sie keine unbekannten (zu hohe oder negative) Spannungen direkt am User-Port an! Der CIA könnte sonst zerstört werden.

(Bernd Harries/kn)

Stückliste		
IC1	1	4069 (CMOS)
R1,R3	2	10 kΩ
R2,R4	2	100 kΩ
C1	1	10 nF (Scheibe)
C2	1	1 µF (Tantal)

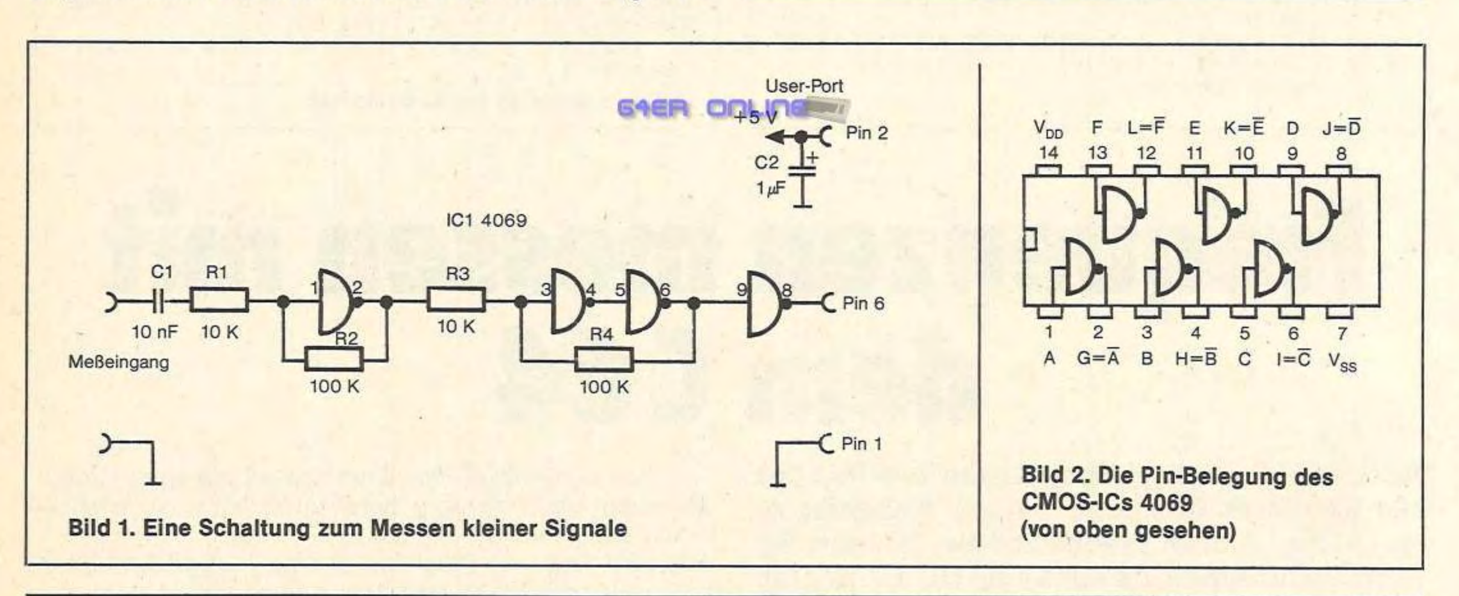


Bild 1. Eine Schaltung zum Messen kleiner Signale

Bild 2. Die Pin-Belegung des CMOS-ICs 4069 (von oben gesehen)

```
50 IF PEEK(52000)<>120 THEN LOAD"MESSROUTI
   NE",8,1                                    <133>
60 POKE 45,100:POKE 46,20:CLR                 <025>
100 O2=985248:REM SYSTEMTAKT                  <031>
110 TA=61578:REM 1/16 SYSTEMTAKT  =$F08A      <208>
120 F$="{HOME,DOWN,6SPACE}FREQUENZ :":H$="
    {DEL,SPACE}HZ{2SPACE}"                    <009>
130 F1$="{HOME,DOWN,9SPACE}****{2SPACE}FUL
    L{2SPACE}***{9SPACE}"                     <203>
160 T1=138:T2=240:REM LO HI TIMER A           <110>
170 T3=16:T4=0                                <150>
180 CN=52000:FU=708:REM OBJ-ROUTINE           <071>
190 DIM TB(32),T1(16),T2(16),T3(16),T4(16)    <237>
250 GOSUB 2000                                <214>
300 GOSUB 1000                                <002>
499 REM *** MESSEN ***                        <081>
500 POKE 704,T1:POKE 705,T2:POKE 706,T3:PO
    KE 707,T4                                 <048>
510 SYS CN                                    <120>
520 IF PEEK(FU)<>255 THEN PRINT F1$:GOTO 7
    70                                        <236>
530 PU=65535-(PEEK(704)+256*PEEK(705))        <151>
540 FR=PU/TB                                  <003>
570 PRINT F$FR;H$;                            <141>
770 IF PEEK(653)THEN 300                      <066>
780 GOTO 500                                  <234>
999 STOP                                      <047>
1000 PRINT"{CLR,2DOWN}"                       <021>
1010 PRINT"{6SPACE}F R E Q U E N Z M E S S
     E R"                                     <106>
1015 PRINT"{DOWN,4SPACE}PROGRAMMED BY{2SPA
     CE}BHA{2SPACE}(C) 12.4.85"               <038>
1020 PRINT"{DOWN,3SPACE}TORZEIT:"             <162>
1100 PRINT" A) 1/128 SEC{4SPACE}MAXIMAL 65
     535 ZYKLEN"                              <230>
1110 PRINT" B) 1/64{2SPACE}SEC"               <142>
1120 PRINT" C) 1/32{2SPACE}SEC{4SPACE}WERD
     EN IN DER TORZEIT"                       <168>
```

Listing 1. Das Basic-Programm für die Frequenzmessung

```
1130 PRINT" D) 1/16{2SPACE}SEC"                    <193>
1140 PRINT" E) 1/8{3SPACE}SEC{4SPACE}GEZAE
     HLT!                                          <104>
1150 PRINT" F) 1/4{3SPACE}SEC"                     <148>
1160 PRINT" G) 1/2{3SPACE}SEC"                     <172>
1180 PRINT" H) 1 ----SEC"                          <191>
1190 PRINT" I) 2{5SPACE}SEC"                       <102>
1200 PRINT" J) 4{5SPACE}SEC"                       <001>
1210 PRINT" K) 8{5SPACE}SEC"                       <028>
1220 PRINT" L) 16{4SPACE}SEC"                      <142>
1230 PRINT" M) 32{4SPACE}SEC"                      <038>
1240 PRINT" N) 64{4SPACE}SEC"                      <002>
1250 PRINT" O) 128{3SPACE}SEC"                     <014>
1300 GET Q$:IF Q$=""THEN 1300                      <023>
1310 Q=ASC(Q$)-65:IF Q<0 OR Q>14 THEN 1300 <235>
1320 TB=TB(Q):T1=T1(Q):T2=T2(Q):T3=T3(Q):T
     4=T4(Q)                                       <196>
1330 PRINT"{DOWN,2SPACE}*** ZUM AENDERN 'S
     HIFT' DRUECKEN ***";                          <061>
1399 RETURN                                        <187>
2000 FOR S=0 TO 14:READ TB(S),T1(S),T2(S),
     T3(S),T4(S):NEXT                              <251>
2599 RETURN                                        <117>
10080 DATA.0078125,17,30,0,0      :REM .125 M
      AL                                           <227>
10090 DATA.015625,17,060,0,0      :REM .25 MA
      L                                            <072>
10100 DATA.03125,069,120,0,0      :REM .5 MAL <173>
10110 DATA.0625,138,240,0,0      :REM 1 MAL   <158>
10120 DATA.125 ,138,240,1,0      :REM 2 MAL   <075>
10130 DATA.25  ,138,240,3,0      :REM 4 MAL   <238>
10140 DATA.5   ,138,240,7,0      :REM 8 MAL   <060>
10150 DATA 1      ,138,240,15,0  :REM 16 MAL  <116>
10160 DATA 2      ,138,240,31,0  :REM 32 MAL  <149>
10170 DATA 4      ,138,240,63,0  :REM 64 MAL  <199>
10180 DATA 8      ,138,240,127,0 :REM 128 MA
      L                                            <119>
10190 DATA 16     ,138,240,255,0 :REM 256 MA
      L                                            <235>
10200 DATA 32     ,138,240,255,1 :REM 512 MA
      L                                            <038>
10210 DATA 64     ,138,240,255,2 :REM 1024 M
      AL                                           <225>
10220 DATA 128    ,138,240,255,4 :REM 2048 M
      AL                                           <190>
```

Listing 1. Das Basic-Programm für die Frequenzmessung (Schluß)

```
Name : messroutine              cb20 cc0d
-----------------------------------------
cb20 : 78 a5 01 8d d4 02 a9 35  cb
cb28 : 85 01 ad fe ff 8d d0 02  2d
cb30 : ad ff ff 8d d1 02 8d d1  95
cb38 : 02 ad fa ff 8d d2 02 ad  a2
cb40 : fb ff 8d d3 02 a9 b9 8d  88
cb48 : fe ff 8d fa ff a9 cb 8d  a0
cb50 : ff ff 8d fb ff a9 90 8d  dc
cb58 : 0e dc a9 d8 8d 0f dc a9  72
cb60 : b8 8d 0e dd ad c0 02 8d  22
cb68 : 04 dc ad c1 02 8d 05 dc  d8
cb70 : ad c2 02 8d 06 dc ad c3  36
cb78 : 02 8d 07 dc a9 ff 8d c4  f9
cb80 : 02 8d 04 dd 8d 05 dd a9  d1
cb88 : 7f 8d 0d dc 8d 0d dd a9  b9
cb90 : 82 8d 0d dc a9 d9 8d 0f  75
cb98 : dc a9 91 a2 b9 a0 a8 58  f5
cba0 : 8d 0e dc 8e 0e dd ad 05  ce
cba8 : dd d0 fb ad 04 dd d0 f6  02
cbb0 : 78 a9 01 8d c4 02 4c cc  16
cbb8 : cb 78 8c 0e dd ad 04 dd  bb
cbc0 : 8d c0 02 ad 05 dd 8d c1  dd
cbc8 : 02 68 68 68 a9 90 8d 0e  97
cbd0 : dc a9 d8 8d 0f dc ad d0  99
cbd8 : 02 8d fe ff ad d1 02 8d  ed
cbe0 : ff ff ad d2 02 8d fa ff  1d
cbe8 : ad d3 02 8d fb ff a9 40  98
cbf0 : 8d 05 dc a9 7f 8d 0d dc  be
cbf8 : 8d 0d dd a9 81 8d 0d dc  2b
cc00 : a9 01 8d 0e dc ad d4 02  e1
cc08 : 85 01 58 60 53 00 ff 00  65
```

Listing 2. Das Maschinenprogramm für die Meßroutine

Die flexible RS232-Schnittstelle

Eine RS232-Schnittstelle wird oft in verschiedenen Konfigurationen betrieben. Hier finden Sie ein Interface, mit dem Sie die Schnittstelle an Ihrem Computer testen und Ihrer Gerätekonfiguration anpassen können.

Wenn Sie schon öfters mit verschiedenen Peripheriegeräten gearbeitet haben, die über eine RS232-Schnittstelle angeschlossen werden, dann kennen Sie sicherlich folgendes Problem:

Verschiedene Geräte benötigen häufig eine unterschiedliche Schnittstellenkonfiguration. Eventuell brauchen Sie sogar für jedes angeschlossene Gerät ein besonderes Kabel. Diese flexible RS232-Schnittstelle (Bild 1) löst das Problem, denn Sie können sie auf nahezu jede Konfiguration einstellen.

Aber zunächst noch ein paar grundsätzliche Informationen zur RS232-Schnittstelle.

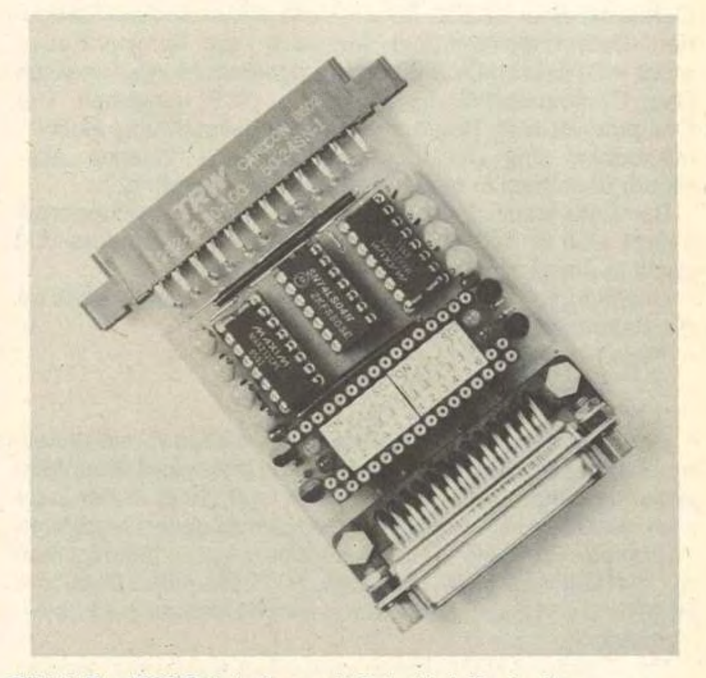


Bild 1. Das RS232-Interface mit Schnittstellentester

Die Treibersoftware für den seriellen Datenaustausch über eine RS232-Schnittstelle ist im Betriebssystem des C64 und C128 unter der Gerätenummer #2 implementiert. Sie können daher den User-Port als RS232-Schnittstelle benutzen und Peripheriegeräte daran anschließen. Viele Geräte der kommerziellen PC-Welt bevorzugen eine RS232-Schnittstelle. Die Datenkommunikation zwischen Computern, direkt

oder über Akustikkoppler, läuft vorwiegend über die RS232-Schnittstelle. Auch für den Terminalbetrieb wird diese Schnittstelle eingesetzt.

Im Gegensatz zur Centronics-Schnittstelle benötigen Sie für eine RS232-Schnittstelle am User-Port nicht nur ein Verbindungskabel, sondern auch ein bißchen Elektronik.

Die Spannungspegel an der Schnittstelle

Nach der Recommended Standard Number 232, Revision C von der Electronic Industry Association (EIA RS232-C), liegen die Spannungspegel für diese Art der Schnittstelle nicht auf den TTL-Pegeln von 0 und 5 Volt, sondern weichen hiervon ab: Logisch 1 (High) wird als negative Spannung, Logisch 0 (Low) als positive Spannung auf der Leitung signalisiert. Die Spannung soll hierbei zwischen -3 und -30 Volt (High) beziehungsweise +3 und +30 Volt (Low) betragen. Diese EIA-Empfehlungen von 1969 wurden 1972 von der internationalen Standardorganisation, der Consultive Commitee on International Telegraphy and Telephony (CCITT), unter der Bezeichnung V.24 übernommen. Daher wird die Schnittstelle auch häufig als »V.24-Schnittstelle« bezeichnet.

Üblicherweise werden für diese Spannungspegel spezielle Empfänger- und Treiberbausteine verwendet, die mit Hilfsspannungen (meist ±12 Volt) die V.24/RS232-C-Spannungen auf TTL-Pegel umsetzen und umgekehrt.

Auch beim C 64 und C 128 ist dies notwendig, da der CIA-Port-Baustein für den User-Port mit den üblichen TTL-Pegeln von 0 und 5 Volt arbeitet.

DTE oder DCE?

Aber zunächst einige grundlegende Informationen. Die Geräte mit einer RS232-Schnittstelle sind in die zwei Kategorien »Datenendeinrichtung« (englisch Data Terminal Equipment = DTE) und »Datenübertragungseinrichtung« (englisch Data Communication Equipment = DCE) eingeteilt. Der Computer ist in der Regel eine Datenendeinrichtung, ein Akustikkoppler eine Übertragungseinrichtung. Drucker oder Plotter kann man in beiden Kategorien wiederfinden.

Der Unterschied zwischen den beiden Gerätekategorien äußert sich in der Pinbelegung des Steckverbinders und damit in der Verdrahtung des Anschlußkabels.

Unabhängig davon gibt es drei Arten des Handshakes für die Datenübertragung:
- Kein Handshake: 3-Line
- Software-Handshake: XON/XOFF
- Hardware-Handshake: X-Line

»Kein Handshake« bedeutet, daß nur mit den voreingestellten Parametern (Baudrate, Anzahl der Daten- und Stoppbits) gesendet wird. Das Empfangsgerät muß daher in der Lage sein, die Daten in jedem Fall schnell genug weiterverarbeiten zu können. Für diese Art der Datenübertragung benötigt man nur drei Leitungen: GND (Masse), TD (Transmitted Data) und RD (Received Data). Daher auch die Bezeichnung »3-Line«-Verbindung.

Ein »Software-Handshake« arbeitet ebenfalls nur mit den drei Leitungen GND, TD und RD. Damit bei hohen Baudraten die Empfangspuffer nicht überlaufen, werden bei gefülltem beziehungsweise leerem Empfangspuffer die ASCII-Codes DC1 (XON) und DC3 (XOFF) ausgetauscht. Ein XON/XOFF-Protokoll wird von den Betriebssystemen des C 64 und C 128 leider nicht unterstützt.

Beim »Hardware-Handshake« stehen zusätzlich die Leitungen RTS (Receive to Send) und CTS (Clear to Send), DSR (Data set Ready), DCD (Data Carrier Detect) und DTR (Data Terminal Ready) zur Verfügung. Viele Geräte mit Hardware-Handshake benutzen nicht alle Leitungen, beziehungsweise stellen die Pegel auf den Ausgangsleitungen nicht zur Verfügung. Gelegentlich müssen dann offene Eingangsleitungen auf einen festen Pegel gelegt werden. Zu diesem Zweck sollte mindestens eines der Geräte die notwendige Hilfsspannung am Steckverbinder zur Verfügung stellen. Eine Verbindung mit Hardware-Handshake wird »X-Line« genannt.

Für die verschiedenen Arten der Schnittstellenkonfiguration benötigen Sie auch verschiedene Kabel mit der jeweils gerätespezifischen Pinbelegung.

Alle genannten Probleme können Sie mit dem hier vorgestellten RS232-Schnittstellenwandler und -tester lösen.

Zwei Pegeltester erlauben die Anzeige der RS232-Spannungspegel. Damit können Sie die Pinbelegungen feststellen und die entsprechende Gerätekategorie erkennen. Ein Schalter- und Steckbrückenfeld erlaubt Ihnen die Realisierung der verschiedensten Pinbelegungen und die Zuordnung von festgelegten Pegeln für die unterschiedlichen Anwendungsfälle. Im Bild 1 erkennen Sie das Feld an den freien IC-Pin-Reihen. Zwischen den Pin-Reihen befinden sich die DIL-Schalter.

Für die Pegelwandlung TTL/RS232 und die Erzeugung der RS232-Spannungen werden spezielle Empfänger- und Treiberbausteine eingesetzt. Wenn Sie die Schaltung im Bild 2 betrachten, finden Sie zwei Spannungswandler-ICs des Typs MAX 232. Diese Spannungswandler von MAXIM sind recht neu auf dem Markt. Sie erfüllen mehrere Funktionen:

Jedes IC enthält vier Pegelwandler. Zwei davon sind RS232-Treiber, die den TTL-Eingangspegel auf RS232-Ausgangsspannungen umsetzen. Die beiden anderen Pegelwandler sind RS232-Empfänger, die die RS232-Spannungspegel auf TTL-Eingangspegel herabsetzen. Zwei im IC integrierte Spannungswandler erzeugen aus der Versorgungsspannung von +5 Volt die RS232-Spannungen von ±10 Volt.

Das IC MAX 232 ist übrigens in der stromsparenden CMOS-Technik aufgebaut. Sie erhalten diesen Baustein beispielsweise bei HW-Elektronik in Hamburg. Die genaue Adresse finden Sie im Info am Ende dieses Artikels.

Ein Steck- und Testfeld hilft weiter

Wie schon erwähnt können Sie mit dem RS232-Schnittstellenwandler und -tester die unterschiedlichsten Pinbelegungen realisieren. Auf einem Steckboard, das aus IC-Pin-Reihen besteht, können Sie dies lötfrei ausführen. Die Tabelle 1 zeigt Ihnen das Steckboard in einem Überblick. Für direkte Verbindungen ohne Kreuzung brauchen Sie nur die entsprechenden DIL-Schalter zwischen den Pin-Reihen auf »ON« schalten. Verbindungen über Kreuz werden mit Steckbrücken ausgeführt. Für Mehrfachverbindungen ist rechts und links je ein 4fach-Steckfeld vorhanden, dessen vier Fassungen miteinander verbunden sind. In der Tabelle 1 sind diese 4fach-Steckfelder mit »Auxiliary Connector« bezeichnet.

Durch die variablen Zuordnungen benötigen Sie für die verschiedenen Anwendungsfälle nur ein einziges RS232-Kabel. Solch ein Kabel können Sie auch lötfrei herstellen mit Flachbandkabel und Quetschverbindern des Typs DB 25.

Zur Erkennung des I/O-Zustandes und der Polarität von unbekannten Pinbelegungen dienen zwei Pegeltester auf dem Interface links und rechts neben den DIL-Schaltern (Bild 1, Tabelle 1). Jeweils zwei Leuchtdioden signalisieren den Schaltzustand »High« (negative Spannung, grüne LED) oder »Low« (positive Spannung, rote LED) im Bereich von 3 bis 30 Volt. Die Schaltung für die Pegeltester finden Sie unten im Schaltplan (Bild 2). Angesteuert wird der Pegeltester jeweils

von dem Zweiersteckfeld neben der roten Leuchtdiode. In der Tabelle 1 ist es mit »Level Indicator« bezeichnet. Über Kabelbrücken können Sie die Steckkontakte mit den zu testenden Leitungen verbinden. Hier ein Beispiel für einen Test: Die RS232-Spezifikation fordert, daß auf der Sendeleitung im Ruhestand immer eine negative Spannung anliegt. Bei einem Gerät der Kategorie DTE liegt die Sendeleitung auf dem Stift 2 des Steckers, bei einem DCE-Gerät auf dem Stift 3. Durch Testen dieser beiden Stifte mit Hilfe der Pegeltester können Sie feststellen, ob das untersuchte Gerät zur Kategorie DTE oder DCE gehört. Die Platine für das RS232-Interface hat die Abmessungen 55 x 75 mm und kann in ein (Spiele-)Modulgehäuse eingebaut werden. Um das Platinenlayout einseitig zu halten, müssen auf der Oberseite zehn Drahtbrücken eingesetzt werden. Das Layout finden Sie auf Seite 157 und den Bestückungsplan im Bild 3. Achten Sie beim Bestücken darauf, daß die beiden ICs MAX232 nicht in gleicher Richtung eingesteckt werden.

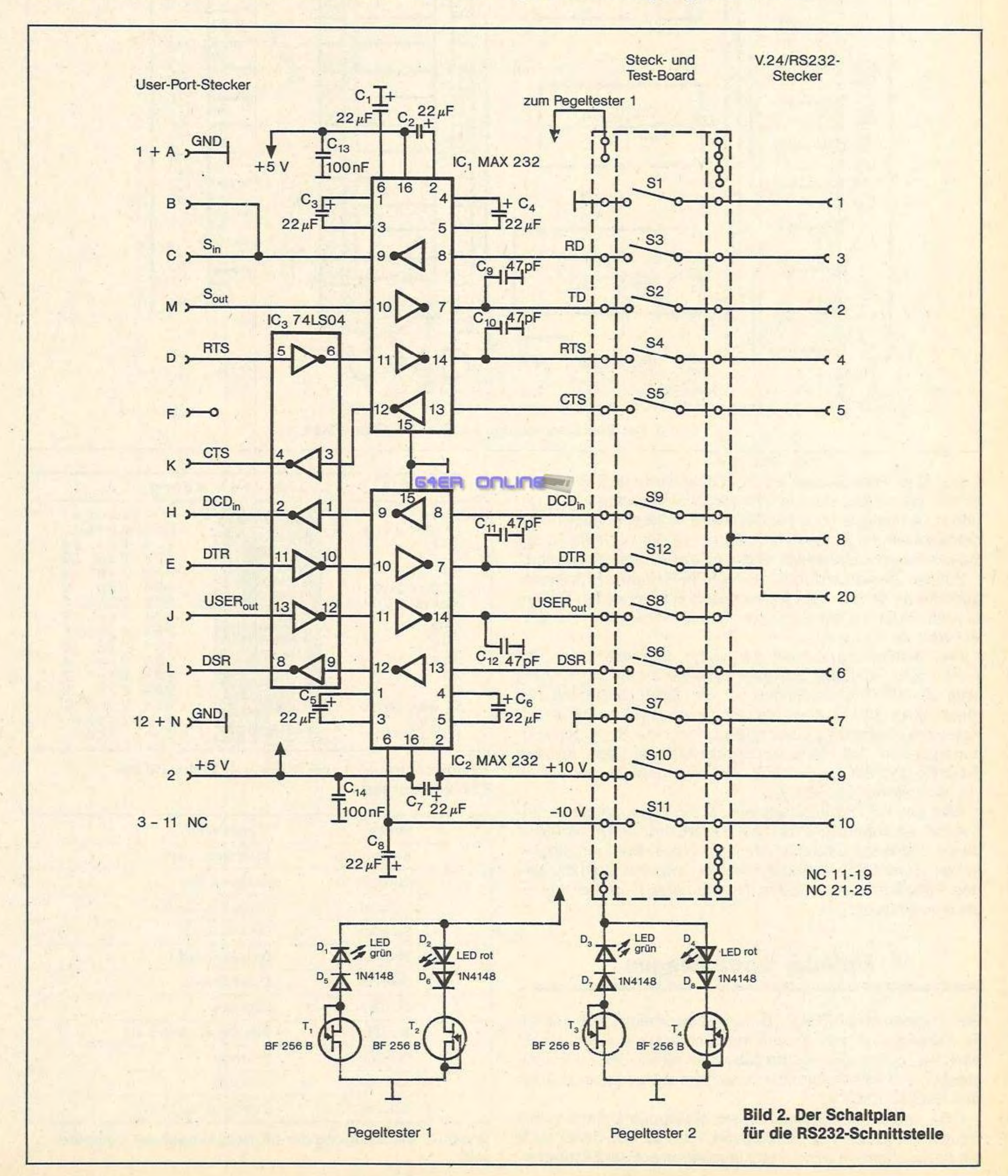


Bild 2. Der Schaltplan für die RS232-Schnittstelle

Bild 3. Der Bestückungsplan für das RS232-Interface

Der User-Port-Stecker sollte Platinenstifte und keine Lötfahnen haben. Die untere Reihe wird rechtwinklig abgebogen und in die Platine eingelötet. Die obere Reihe wird über 1-mm-Lötnägel mit der Platine verbunden. Auf diese Weise ist der Stecker auch mechanisch stabil mit der Platine verbunden.

Für das Steckboard sollten Sie IC-Pin-Reihen in Präzisionsausführung verwenden. Es empfiehlt sich, zwei Pin-Reihen übereinander zu stecken, um in der Höhe über die DIL-Schalter zu kommen.

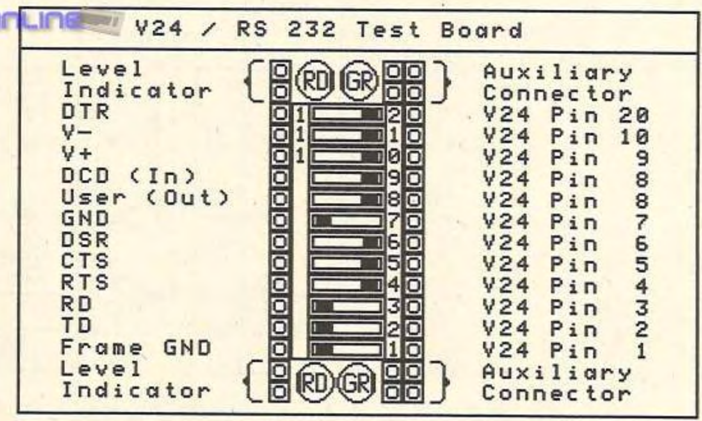
Die Bestückung können Sie, wenn das Geld anfänglich nicht reicht, variieren. Für eine einfache 3-Line-Verbindung oder XON/XOFF-Handshake ist die Bestückung mit nur einem MAX 232 und seinen vier Tantal-Kondensatoren zur Spannungswandlung ausreichend. Für eine Schnittstellenkonfiguration mit Hardwarehandshake ist der Inverter 74LS04 und der zweite MAX 232 mit ebenfalls vier Tantal-Kondensatoren notwendig.

Wird das RS232-Interface nur für ein Peripheriegerät eingesetzt, so können Sie das Steckboard und die DIL-Schalter durch fest eingesetzte Brücken ersetzen. Bei festgelegter Verwendung und bekannter Pinbelegung sind auch die beiden Pegelindikatoren (Diode, Leuchtdiode, Feldeffekttransistor) überflüssig.

Einfache Verbindungen

Das Platinenlayout (Seite 157) ist so ausgelegt, daß Sie ein Flachbandkabel mit Platinenquetschstecker auch direkt einlöten können. Sie sparen dabei den teuren DB-25-Einzelstecker und das dazugehörige weibliche Verbindungsstück des RS232-Kabels.

C 64 und C 128 sind Geräte der Kategorie Data Terminal Equipment (DTE). Wie die Schalter 1 bis 12 und damit auch die dazugehörigen zwölf Steckfassungen auf der Computer-



V24 / RS 232 Test Board

Level Indicator	Auxiliary Connector
DTR	V24 Pin 20
V-	V24 Pin 10
V+	V24 Pin 9
DCD (In)	V24 Pin 8
User (Out)	V24 Pin 8
GND	V24 Pin 7
DSR	V24 Pin 6
CTS	V24 Pin 5
RTS	V24 Pin 4
RD	V24 Pin 3
TD	V24 Pin 2
Frame GND	V24 Pin 1
Level Indicator	Auxiliary Connector

Tabelle 1. Übersicht zum Steck- und Testboard des RS232-Interfaces

Schalter 1	Frame Ground
Schalter 2	Transmitted Data
Schalter 3	Received Data
Schalter 4	Request to Send
Schalter 5	Clear to Send
Schalter 6	Data Set Ready
Schalter 7	Signal Ground
Schalter 8	User Out
Schalter 9	Data Carrier Detect In
Schalter 10	+10 Volt
Schalter 11	- 10 Volt
Schalter 12	Data Terminal Ready

Tabelle 2. Die Belegung der DIL-Schalter auf der Computerseite

Belegung des User-Ports					
Pin	6526	Name der Leitung	Abk	V24 Pin	In/ Out
C	PB0	Received Data	RD	3	In
D	PB1	Request to Send	RTS	4	Out
E	PB2	Data Terminal Ready	DTR	20	Out
F	PB3	Not Connected			
H	PB4	Data Carrier Detect	DCD	8	In
J	PB5	User Out		8	Out
K	PB6	Clear to Send	CTS	5	In
L	PB7	Data Set Ready	DSR	6	In
B	FLAG2	Received Data	RD	3	In
M	PA2	Transmitted Data	TD	2	Out
A	GND	Frame Ground	GND	1	
N	GND	Signal Ground	GND	7	

Tabelle 3. Die Zuordnung der User-Port-Leitungen zu den RS232-Leitungen bei geschlossenen DIL-Schaltern

seite belegt sind, zeigt Ihnen die Tabelle 2. Am User-Port sind übrigens die Gerätemasse (Frame Ground) und Signalmasse (Signal Ground) identisch, für die RS232-Schnittstelle aber getrennt herausgeführt. Mit den Schaltern S1 und S7 können Sie Masseschleifen auch verhindern.

Wenn Sie nochmals einen Blick auf die Schaltung (Bild 2) werfen, so sehen Sie, daß die Steckfassungen 1 bis 7 (beziehungsweise die Schalter 1 bis 7 im Zustand »ON«) auf der RS232-Seite zu den Stiften 1 bis 7 des Winkelsteckers führen. Die Steckfassungen 8 und 9 (auf der Computerseite) mit den Bezeichnungen »User Out« und »DCD In« führen beide auf den Stift 8 des RS232-Steckers. Dies hat folgende Bewandtnis: Der RS232-Stift 8 wird für die Leitung DCD (Data Carrier Detect) verwendet. Bei einem Gerät der Kategorie DTE (Data Terminal Equipment) ist diese Leitung als Eingang verdrahtet. Dieser Modus wird von der Software des Betriebssystems unterstützt. Bei einem Gerät der Kategorie DCE (Data Communication Equipment) wird diese Leitung jedoch als Ausgang verwendet. Die RS232-Empfänger/Treiber-Bausteine können aber nicht bidirektional arbeiten. Daher wird eine zweite Leitung mit einem Ausgangstreiber parallel zur Eingangsleitung benötigt. Je nach angeschlossenem Gerät wird eine der beiden Leitungen zum RS232-Stecker durchgeschaltet. Die Programmierung der Leitung 8 als Ausgang wird nicht vom Betriebssystem unterstützt und muß vom Benutzer erfolgen.

Die Steckfassungen und Schalter 10 und 11 führen zu den RS232-Stiften 9 und 10 und sind mit den Hilfsspannungen von +10 Volt und -10 Volt belegt. Bei manchen Peripheriegeräten werden Sie die Spannungen zur festen Verdrahtung von Handshakeleitungen benötigen. Die Steckfassung beziehungsweise der Schalter 12 führt zum RS232-Stift 20 und ist mit der Leitung DTR (Data Terminal Ready) belegt. Diese Leitung wird vom Betriebssystem leider nicht korrekt unterstützt.

Für eine direkte Programmierung des Portbausteins CIA #1 zeigt die Tabelle 3 die Zuordnung der V.24/RS232-Leitungen zu den User-Port-Leitungen; wenn die DIL-Schalter geschlossen sind.

Besonderheiten bei der Programmierung

Vor der Benutzung der RS232-Schnittstelle müssen Sie die Werte von zwei Registern ermitteln und eingeben. Diese Register bestimmen die folgenden Parameter: Baudrate, Datenwortlänge, Anzahl der Stopp-Bits, Art des Handshakes, Duplex-Mode, Parität.

Welche Parametereinstellung notwendig ist, müssen Sie dem Handbuch des Peripheriegerätes entnehmen oder dies am Gerät einstellen.

Im Steuerregister ($0293) sind die folgenden Parameter zusammengefaßt: Baudrate, Datenwortlänge und Anzahl der Stopp-Bits. Aus der Tabelle 4 können Sie den Wert für das Steuerregister ermitteln.

Man addiert die Einzelwerte für die Übertragungsrate, Datenwortlänge und die Anzahl der Stopp-Bits. Die Summe ergibt den Wert für das Steuerregister.

Mit dem Befehlsregister ($0294) werden die Art des Handshakes, der Duplex-Modus und die Parität der Datenübertragung festgelegt. Aus der Tabelle 5 können Sie die Werte für das Befehlsregister ermitteln. Auch hier werden die Einzelwerte für Handshake, Duplex-Modus und Parität addiert. Die Summe ergibt den Wert für das Befehlsregister.

Die beiden Werte für das Steuer- und das Befehlsregister kann man von Basic aus recht einfach mit dem OPEN-Befehl gemäß der folgenden Syntax übergeben:

```
OPEN lfn, 2, 0, <Steuerregister>,
<Befehlsregister>
```

Die logische Filenummer »lfn« kann zwischen 1 und 255 gewählt werden. Bei Werten über 127 wird nach einem RETURN auch ein LINE FEED gesendet.

Die Unterstützung durch das Betriebssystem des C64 weist einige Besonderheiten auf, die Sie kennen sollte: Die maximale vom Kernel unterstützte Übertragungsrate beträgt









Commodore 64 V24 Pin	Signal	Signal	V24 Pin Akustikkoppler
1	GND	GND	1
2	TD	TD	2
3	RD	RD	3
4	RTS	RTS	4
5	CTS	CTS	5
6	DSR	DSR	6
7	GND	GND	7
8	DCD	DCD	8
20	DTR	DTR	20

Bild 4. Der Anschluß eines Akustikkopplers

Commodore 64 V24 Pin	Signal	Signal	V24 Pin TI Silent 700
1	GND	GND	1
2	TD	TD	2
3	RD	RD	3
4	RTS	RTS	4
5	CTS	CTS	5
6	DSR	DSR	6
7	GND	GND	7
8	DCD	DCD	8
20	DTR	DTR	20

Bild 5. Der Anschluß eines TI Silent 700 an den C64

2400 bit/s. Dieser Wert wird nur dann fehlerfrei erreicht, wenn der Computer als Sender ohne Echo-Empfang arbeitet. Bei gleichzeitigem Senden und Empfangen von Daten beträgt die maximale fehlerfreie Übertragungsrate 600 bit/s.

Darüber hinaus können Sie die vom Benutzer definierte Baudrate verwenden. Hierbei kann bei entsprechender Programmierung mit 3600 und maximal 4800 bit/s gesendet werden. Die experimentell ermittelten OPEN-Befehle der zu übergebenden Parameter hierzu sind:
3600 bit/s: Low-Wert = 38, High-Wert = 0
4800 bit/s: Low-Wert = 5, High-Wert = 0

Eine Übergabe der Parameter würde in Basic für 3600 bits/s beispielsweise folgendermaßen ausgeführt:

```
OPEN lfn, 2, 0, <Steuerregister>
<Befehlsregister>, 38, 0
```

Eine Programmierung dieser hohen Übertragungsraten sollte allerdings nicht in Basic, sondern nur in Maschinensprache erfolgen, da eine Basic-Programmierung zu langsam ist.

So schließen Sie Geräte an

Den Anschluß von Peripheriegeräten sollen Ihnen zwei Beispiele illustrieren: Eine einfache 3-Line-Verbindung zu einem Modem ist ein Beispiel der Kategorie DCE. Als Vertreter der Kategorie DTE wird ein Silent-700-Thermodrucker/Terminal von Texas Instruments mit vollständigem Hardware-Handshake am C64 angeschlossen.

Ein Akustikkoppler für das öffentliche Telefonnetz arbeitet meist mit einer Übertragungsrate von 300 bit/s. Bei dieser Übertragungsrate ist kein Handshake nötig. Daher wird eine einfache 3-Line-Verbindung mit den Leitungen GND, TD und RD eingesetzt. Die dafür notwendige Verdrahtung zeigt Ihnen das Bild 4. Über diese einfache Verbindung können Sie mit einem geeigneten Terminalprogramm Daten auf einen anderen Computer übertragen. Beispielsweise die Programme »Proterm 64« (Sonderheft 7/85) oder »Protext 128« sind hierfür eingerichtet.

Die Parameter für das Steuer- und das Befehlsregister werden dabei wie folgt gesetzt:

Steuerregister: Übertragungsrate 300 bit/s, Datenwortlänge 7 Bit, Stopp-Bits 2.

Befehlsregister: Handshake 3-Line, Full-Duplex-Mode, Parity Bit Even.

Übertragungsrate (bit/s)	Wert (dezimal)	Datenwortlänge	Wert (dezimal)	Stopp-Bits	Wert (dezimal)
USER	0	8	0	1	0
50	1	7	32	2	128
75	2	6	64		
110	3	5	96		
134,5	4				
150	5				
300	6				
600	7				
1200	8				
1800	9				
2400	10				
(3600)	(11)				
(4800)	(12)				
(7200)	(13)				
(9600)	(14)				
(19200)	(15)				

Tabelle 4. Die Werte für das Steuerregister $0293

Handshake	Wert (dezimal)	Duplex-Modus	Wert (dezimal)	Parität	Wert (dezimal)
3-Line	0	Full	0	keine	0
X-Draht	1	Half	16	ungerade	32
				gerade	98
				Mark	160
				Space	224

Tabelle 5. Die Werte für das Befehlsregister $0294

Halbleiter und Kondensatoren		
IC1, IC2	2	MAX 232
IC3	1	SN74LS04
T1-T4	4	BF 256 B
D1, D3	2	LED 3 mm grün
D2, D4	2	LED 3 mm rot
D5-D9	5	1N4148
C1-C8	8	22 µF/16 V, Tantal
C9-C12	4	47 pf
C13, C14	2	100 nF
Sonstige Bauteile		
1	Stecker DB-25 (abgewinkelt) mit Befestigungswinkel	
2	M3 Schrauben mit Muttern	
1	User-Port-Stecker mit Platinenstiften	
4	16polige IC-Sockelleiste	
4	2polige IC-Sockelleiste	
1	12poliger DIL-Schalter (oder zwei 6polige DIL-Schalter, anreihbar)	
2	16polige IC-Sockel	
1	14poliger IC-Sockel	
12	Lötnägel	

Tabelle 6. Die notwendigen Bauteile



Das Texas Instruments Silent-700-Thermodrucker/Terminal ist ein RS232-(V.24)Terminal mit einem 136 Zeichen/Zeile Thermodrucker anstelle eines Bildschirms und kann als On-Line-Drucker verwendet werden. Es gehört zur Kategorie der DTE-Geräte und verlangt einen kompletten Hardware-Handshake mit den Leitungen GND, TD und RD, RTS und CTS, DSR, DCD und DTR. Welche Verbindungen dabei notwendig sind, ersehen Sie aus Bild 5.

Die Parameter für das TI Silent-700-Thermodrucker/Terminal lauten:

Steuerregister: Übertragungsrate 300 bit/s, Datenwortlänge 7 Bit, Stopp-Bits 1.

Befehlsregister: Handshake X-Line, Full-Duplex-Mode, Mark Parity.

Ein Line-Feed nach einem Return (CHR$ 13) ist für dieses Gerät nicht nötig.

So, jetzt wissen Sie alles, um sich dieses komfortable Interface nachzubauen. Alle notwendigen Bauteile sind in der Stückliste (Tabelle 6) nochmals zusammengefaßt.

Wenn Sie es allerdings vorziehen, das Interface fertig zu kaufen oder nur die Platine nicht selbst ätzen wollen, dann können Sie das Fertiggerät bei Jann Datentechnik für 149 Mark erhalten. Eine Leerplatine kostet 19,80 Mark. Die genaue Anschrift von Jann Datentechnik finden Sie im folgenden Info.

(K. Mandelatz/kn)

Literatur: Joe Campbell, V.24/RS232-Kommunikation, Sybex Verlag
Info: HW-Elektronik, Eimsbüttler Chaussee 79, 2000 Hamburg 19, 040/4396848
Jann Datentechnik, Kaiserin-Augusta-Str. 13, 1000 Berlin 42, 030/7525078 oder 7525011;

EPROM-Platine mit 256 KByte

Wenn Sie bestimmte Programme ständig benutzen, dann ist es sinnvoll, sie in ein EPROM zu brennen und am Expansion-Port stets bereitzuhalten. Hier eine menügesteuerte EPROM-Platine mit Directory, Speicherplatz für viele Programme und hilfreichem Bedienungskomfort.

Haben Sie sich nicht schon immer gewünscht, Utilities und Anwendungen, die Sie ständig brauchen, auch auch für Ihren Computer stets griffbereit zu haben? Dann ist diese EPROM-Karte (Bild 1) genau das Richtige für Sie, denn sie bietet einiges.

Wenn Sie das Steuerprogramm (Listing) in ein EPROM gebrannt und dieses auf der Karte eingesteckt haben, dann ist die Bedienung selbst für Computer-Einsteiger sehr einfach. Im Bild 2 sehen Sie das Hauptmenü der Steuer-Software. Ihnen stehen bei eingestecktem Steuer-EPROM immer noch acht Steckplätze für einen maximalen Speicherplatz von 256 KByte zur Verfügung. Mit dem Steuerprogramm können Sie bis zu 72 Programme über ein automatisch erstelltes Inhaltsverzeichnis verwalten und durch Tastendruck die einzelnen Programme blitzschnell starten. Auch bereits vorhandene EPROMs können eingesteckt, verwaltet und automatisch gestartet werden (falls ein Autostart eingebunden ist). Das ist aber längst nicht alles. Selbst erstellte Basic-Interpreter lassen sich direkt von der Karte einblenden und Betriebssysteme können in das RAM geladen und eingeschaltet werden. Die Karte ist soft- und hardwaremäßig abschaltbar.

Für Profis, die gern etwas Eigenes machen wollen und das Steuer-EPROM nicht benötigen, bieten sich noch weitere Möglichkeiten: Neun Steckplätze mit bis zu 288 KByte Speicherplatz sind dann verfügbar. Jedes EPROM kann in 8-KByte-Blöcken selektiert werden. Alle Funktionen können in Basic oder Maschinensprache aufgerufen werden. Sie können daher auch eigene Steuerprogramme entwerfen. Zu-

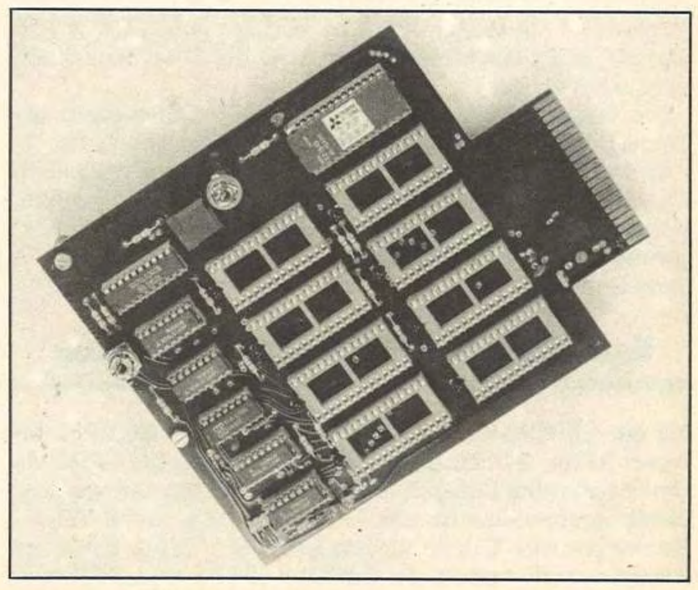


Bild 1. Die EPROM-Karte mit eingestecktem Steuer-EPROM

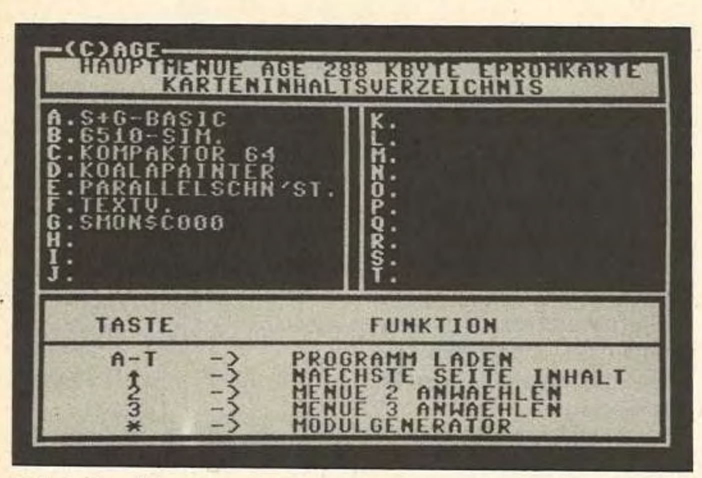


Bild 2. Das Hauptmenü der EPROM-Karte bei eingestecktem Steuer-EPROM

sätzlich lassen sich auch 16-KByte-Blöcke einblenden. Ferner sind hardwaremäßig alle Voraussetzungen für einen Betrieb am C128 vorhanden. Wie Sie sehen, bietet die EPROM-Karte einiges.

Schauen wir uns zunächst einmal an, wie Sie einzelne Funktionen der Karte programmtechnisch steuern können. Die Karte belegt zwei Adreßbereiche, $DE00 bis $DEFF und $DF00 bis $DFFF. Der zweite Adreßbereich ist der softwaremäßigen Ein- und Ausschaltfunktion der Karte vorbehalten. Durch Lesen einer dieser Adressen kann die Karte komplett ein- und ausgeschaltet werden. Hier ein Beispiel: Ist die Karte eingeschaltet, bewirken die Befehle PEEK(57100) in Basic oder LDA $DF00 in Maschinensprache ein Ausschalten der Karte. Durch ein erneutes Ausführen des gleichen Befehls wird sie wieder eingeschaltet. Wenn die Karte allerdings mit dem Schalter S1 (Bild 3, Bild 4) hardwaremäßig ausgeschaltet wird, dann ist keine softwaremäßige Steuerung mehr möglich. Wird mit S1 eingeschaltet, während der Computer in Betrieb ist, muß zusätzlich noch softwaremäßig eingeschaltet werden.

Sie können aber auch Adreßleitungen und EPROM-Steckplätze umschalten. Für diese Funktion wird der Adreßbereich $DE00 bis $DEFF belegt. Ein Schreibbefehl auf eine dieser Adressen löst in Abhängigkeit der Datenbits D0-D5 verschiedene Funktionen aus. In der Tabelle 1 sind alle POKEs mit ihren Wirkungen aufgeführt. Für die Steckplatzumschaltung sind die Datenbits D0-D2 zuständig. Mit diesen drei Bits kann man genau acht Steckplätze adressieren. Wenn man die Datenbits D3-D7 außer acht läßt, kann beispielsweise mit POKE 57000,5 in Basic oder LDA #$05 und STA $DE00 in Maschinensprache der Steckplatz 6 eingeschaltet werden.

Das Datenbit D3 schaltet das Steuer-EPROM aus und ein. Ist das Bit gesetzt, so wird das Steuer-EPROM eingeschaltet.

Ebenso verhält es sich mit D4 und D5. Die Adreßleitung A14 wird von D4 geschaltet und D5 schaltet A13. Befindet sich der Schalter S2 (Bild 3, Bild 4) in der Stellung zur Selektierung von 16-KByte-Blöcken, dann ist A14 und damit D4 ohne Bedeutung.

Verschiedene EPROM-Typen einsetzen

Auf der EPROM-Karte können Sie wahlweise die EPROM-Typen 2764, 27128 und 27256 einsetzen. Die EPROMs können aber nur in 8-KByte-Blöcken eingeblendet werden. Damit ergeben sich für das EPROM 27128 zwei 8-KByte-Blöcke und vier Blöcke für das EPROM 27256. Es unterscheiden sich jedoch die EPROMs 2764 und 27128 in einem ganz wesentlichen Punkt vom 27256. Die EPROMs 2764/128 haben an Pin 27 den Anschluß PGM, der zum Programmieren benötigt wird. Beim Lesen dieser EPROMs muß dieser Pin auf High liegen. Auf der EPROM-Karte ist dieser Pin mit der karteninternen Adreßleitung A14 verbunden. Nach einem Reset befindet sich diese Leitung aber auf Low, so daß die EPROMs 2764 und 27128 nicht gelesen werden können. Abhilfe schafft hier der Schalter S2. Steht dieser in Stellung 64/128, so liegt die Adreßleitung A14 über einen Pull-Up-Widerstand ständig auf High und das Problem ist gelöst. Allerdings kann nun A14 nicht mehr geschaltet werden, was zur Folge hat, daß die EPROMs 27256 nur zur Hälfte gelesen werden können. Dies müssen Sie bei eigenen Steuerprogrammen bedenken.

Beim Arbeiten mit dem Steuer-EPROM ist dieses Problem anders gelöst. Hier befinden sich auf der Lötseite der Platine (Seite 155) in der Nähe des Steuer-EPROMs zwei Löt-Jumper mit der Bezeichnung 1 und 2. Wie Sie im Schaltbild (Bild 3) erkennen können, ist Pin 27 des Steuer-EPROMs nicht mit A14 verbunden, sondern liegt über Jumper 1 direkt an +5 V. Aus diesem Grund können Sie für das Steuer-EPROM den Typ 2764 einsetzen. Wollen Sie aber die vollen 288 KByte ausnutzen, so können Sie diese EPROM-Fassung auch an A14 anschließen, indem Jumper 1 unterbrochen und Jumper 2 überbrückt wird.

Die Steuer-Software im Listing ist so ausgelegt, daß auch in der Stellung 256 von S2 jeder EPROM-Typ gelesen werden kann. Beim Arbeiten mit dem Steuer-EPROM entstehen daher keinerlei Probleme.

Steuerprogramm mit Modulgenerator

Die Steuer-Software ist sehr einfach zu bedienen. Ein besonderer Service ist dabei der integrierte Modulgenerator. Er wird im Hauptmenü durch die Taste <*> aufgerufen. Nun werden Sie aufgefordert, den EPROM-Typ auszuwählen. Folgende Möglichkeiten bieten sich:

1 - 2764
2 - 27128
3 - 27256
4 - Verteilen

Bei den Möglichkeiten 1 bis 3 wird Ihnen entsprechend der EPROM-Größe eine Anzahl freier Bytes zur Verfügung gestellt, die Sie mit Programmen auffüllen können. Pro EPROM werden 256 Byte für Steuerinformationen benötigt (Namen der Programme, Start- und Endadresse etc.). Diese Bytes sind bei der Speicherplatzanzeige schon berücksichtigt. Nach erfolgter Auswahl des EPROM-Typs erscheint folgendes Menü:

1 - Directory
2 - Neues Programm
3 - Abspeichern
4 - Hauptmenü

Punkt 1 lädt das Directory der in die Floppy eingelegten Diskette. Wenn Sie Punkt 2 wählen, werden Sie aufgefordert, den Programmnamen einzugeben. Anschließend wird das Programm geladen und Sie haben die Möglichkeit, eine neue Startadresse einzugeben. Bei Basic-Programmen geben Sie hier bitte ein »N« für Nein ein. Wichtig ist eine neue Startadresse nur bei Maschinenprogrammen, deren Einsprungadresse für den Start nicht mit der Anfangsadresse des Programms übereinstimmt.

Ein Beispiel: Ein Monitorprogramm wird in den Bereich von $C000 bis $CFFF geladen. Gestartet wird das Programm mit SYS 49152 (=$C000). Hierbei dürfen Sie die Startadresse nicht ändern, da sich der Modulgenerator diese Startadresse automatisch von der Diskette holt. Sollte dieses Programm

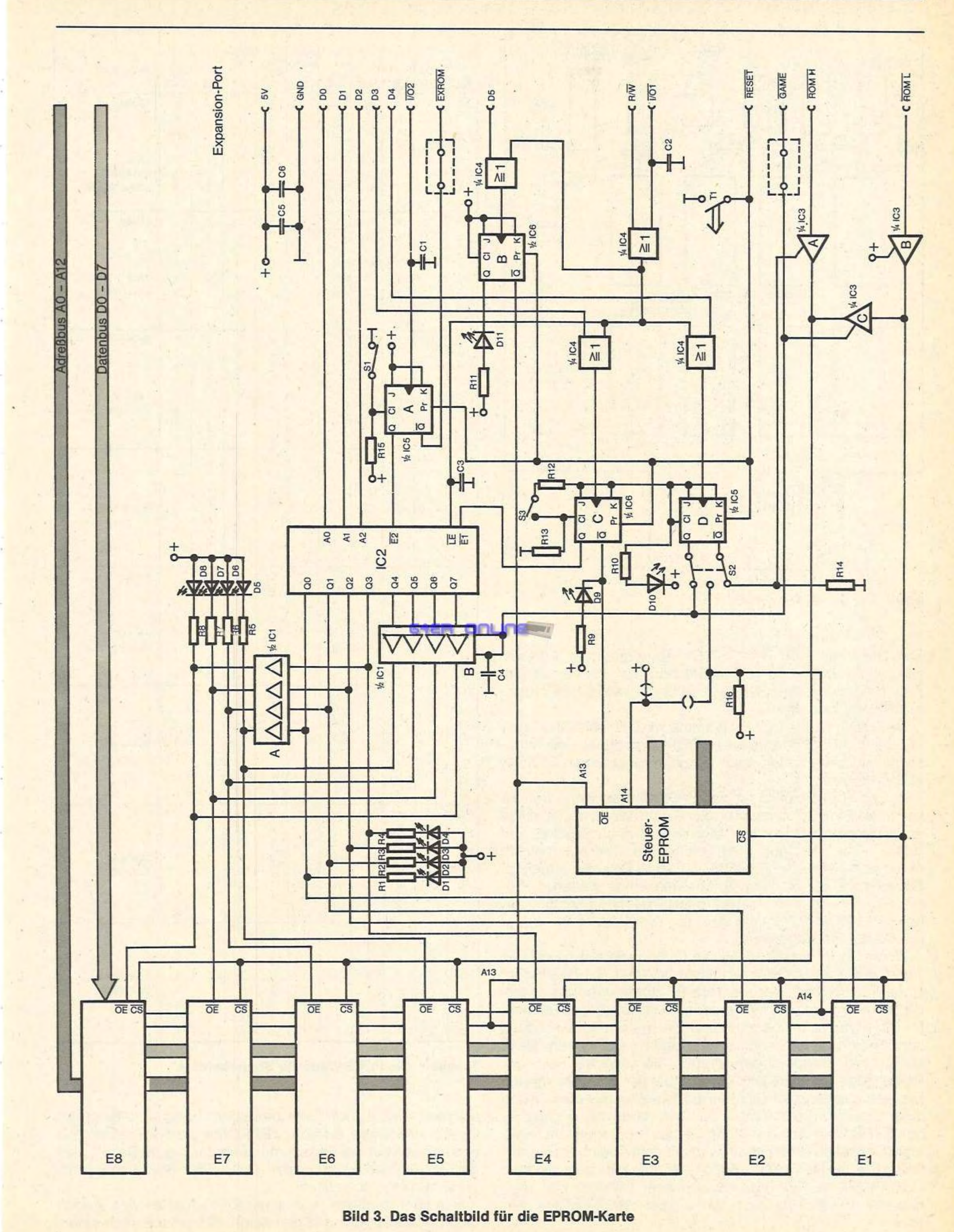


Bild 3. Das Schaltbild für die EPROM-Karte

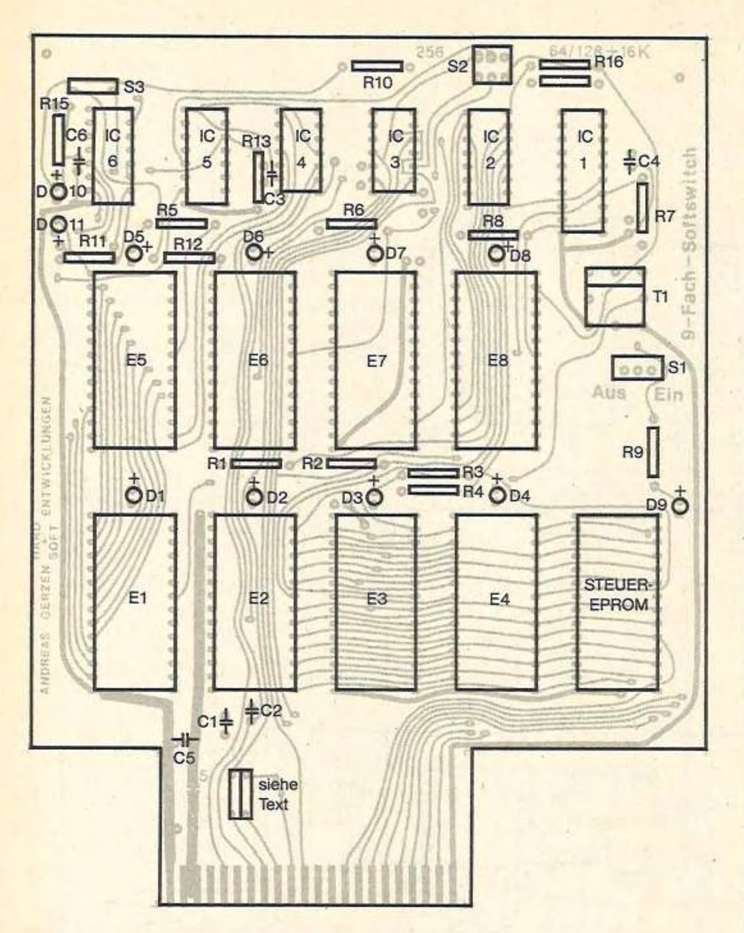


Bild 4. Der Bestückungsplan

POKE	D7	D6	A13 D5	A14 D4	Steuer-EPROM D3	Steckplatz D2	D1	D0	EPROM	Erläuterungen
0	X	X	0	0	0	0	0	0	1	Schaltet:
1	X	X	0	0	0	0	0	1	2	
2	X	X	0	0	0	0	1	0	3	
3	X	X	0	0	0	0	1	1	4	
4	X	X	0	0	0	1	0	0	5	- A13
5	X	X	0	0	0	1	0	1	6	- A14 (16 K)
6	X	X	0	0	0	1	1	0	7	- Steuer-EPROM
7	X	X	0	0	0	1	1	1	8	
8	X	X	0	0	1	0	0	0	1	Schaltet:
9	X	X	0	0	1	0	0	1	2	
10	X	X	0	0	1	0	1	0	3	
11	X	X	0	0	1	0	1	1	4	
12	X	X	0	0	1	1	0	0	5	- A13
13	X	X	0	0	1	1	0	1	6	- A14 (16 K)
14	X	X	0	0	1	1	1	0	7	
15	X	X	0	0	1	1	1	1	8	
16	X	X	0	1	0	0	0	0	1	Schaltet:
17	X	X	0	1	0	0	0	1	2	
18	X	X	0	1	0	0	1	0	3	
19	X	X	0	1	0	0	1	1	4	
20	X	X	0	1	0	1	0	0	5	- A13
21	X	X	0	1	0	1	0	1	6	- Steuer-EPROM
22	X	X	0	1	0	1	1	0	7	
23	X	X	0	1	0	1	1	1	8	
24	X	X	0	1	1	0	0	0	1	
25	X	X	0	1	1	0	0	1	2	
26	X	X	0	1	1	0	1	0	3	
27	X	X	0	1	1	0	1	1	4	Schaltet nur A13
28	X	X	0	1	1	1	0	0	5	
29	X	X	0	1	1	1	0	1	6	
30	X	X	0	1	1	1	1	0	7	
31	X	X	0	1	1	1	1	1	8	
32	X	X	1	0	0	0	0	0	1	Schaltet:
33	X	X	1	0	0	0	0	1	2	
34	X	X	1	0	0	0	1	0	3	
35	X	X	1	0	0	0	1	1	4	
36	X	X	1	0	0	1	0	0	5	- A14 (16 K)
37	X	X	1	0	0	1	0	1	6	- Steuer-EPROM
38	X	X	1	0	0	1	1	0	7	
39	X	X	1	0	0	1	1	1	8	
40	X	X	1	0	1	0	0	0	1	
41	X	X	1	0	1	0	0	1	2	
42	X	X	1	0	1	0	1	0	3	
43	X	X	1	0	1	0	1	1	4	Schaltet nur A14 (16 K)
44	X	X	1	0	1	1	0	0	5	
45	X	X	1	0	1	1	0	1	6	
46	X	X	1	0	1	1	1	0	7	
47	X	X	1	0	1	1	1	1	8	
48	X	X	1	1	0	0	0	0	1	
49	X	X	1	1	0	0	0	1	2	
50	X	X	1	1	0	0	1	0	3	
51	X	X	1	1	0	0	1	1	4	Schaltet nur
52	X	X	1	1	0	1	0	0	5	Steuer-EPROM
53	X	X	1	1	0	1	0	1	6	
54	X	X	1	1	0	1	1	0	7	
55	X	X	1	1	0	1	1	1	8	
56	X	X	1	1	1	0	0	0	1	
57	X	X	1	1	1	0	0	1	2	
58	X	X	1	1	1	0	1	0	3	
59	X	X	1	1	1	0	1	1	4	Schaltet nur den
60	X	X	1	1	1	1	0	0	5	Steckplatz um
61	X	X	1	1	1	1	0	1	6	
62	X	X	1	1	1	1	1	0	7	
63	X	X	1	1	1	1	1	1	8	

Tabelle 1. Die POKE-Werte für Steuerbefehle

allerdings mit einer von 49152 abweichenden Adresse gestartet werden, so geben Sie bitte ein »J« für Ja ein. Anschließend können Sie die neue Startadresse in hexadezimaler Form eingeben.

Nach dem Laden des Programms wird der restliche Speicherplatz im ausgewählten EPROM berechnet und angezeigt. Maximal können neun Programme in einem EPROM plaziert werden.

Ist der Speicherplatz für das EPROM erschöpft oder die maximale Programmanzahl erreicht, muß das so erstellte File noch gespeichert werden. Dies erfolgt nach Drücken der Taste <3>. Das nun brennfertige File wird automatisch unter dem Namen »1.EPROM« auf Ihrer Diskette abgelegt. Sie müssen daher beim Aufbereiten eines weiteren Programms entweder eine neue Diskette nehmen oder das vorherige EPROM-Programm löschen. Die Taste <4> bringt Sie wieder ins Hauptmenü.

Wenn Sie im ersten Menü die Option »Verteilen« mit der Taste <4> gewählt haben, dann können Sie besonders lange Programme über mehrere EPROMs verteilen. Dabei dürfen die Programme eine maximale Länge von 191 Blöcken (= 48 KByte) nicht überschreiten. Die weitere Bedienung bis zum Speichern ist genauso, wie oben beschrieben. Beim Menüpunkt »Abspeichern« werden Sie zunächst nach der Reihenfolge der EPROMs gefragt. Bei der Auswahl können Sie verschiedene EPROM-Typen beliebig mischen. Nach jeder Eingabe wird überprüft, ob die Kapazität der angegebenen EPROMs schon ausreicht, um das Programm aufzunehmen. Sobald dies der Fall ist, wird mit dem Speichern begonnen. Die so erstellten Files werden mit dem Namen »1.EPROM«, »2.EPROM« etc. auf Ihrer Diskette abgelegt. Maximal können Sie Programme über drei EPROMs verteilen.

Die erstellten EPROMs können Sie auf beliebigen Steckplätzen (1 bis 8) der Karte betreiben. Lediglich die mit der Option »Verteilen« erstellten EPROMs gehören zusammen und müssen auf der Karte hintereinander liegen. Dabei spielt der Anfangssteckplatz keine Rolle. Das Steuerprogramm erkennt dies automatisch.

Nun aber noch ein paar allgemeine Informationen zu den Menüs. Das Hauptmenü erscheint automatisch nach einem Reset, wenn die Schalter S1 auf »Ein« und S3 (DIL-Schalter)

Halbleiter, Widerstände, Kondensatoren	
IC1	1 74 LS 241
IC2	1 74 LS 137
IC3	1 74 LS 126
IC4	1 74 LS 32
IC5, IC6	2 74 LS 112
D1 - D8	8 LEDs 3 mm rot
D9	1 LED 3 mm gelb
D10, D11	2 LEDs 3 mm grün
R1 - R12	12 470 1/4 Watt
R13 - R16	4 4,7K 1/4 Watt
C1	1 680 pF keramisch
C2, C4	2 1 nF keramisch
C3	1 560 pF keramisch
C5, C6	2 100 nF keramisch

Sonstige Bauteile	
S1	1 Kippschalter 1 x UM
S2	1 Kippschalter 2 x UM
S3	1 DIL-Schalter einfach
T1	1 Digitaster 9 28polige IC-Fassungen 1 20polige IC-Fassung 3 16polige IC-Fassungen 2 14polige IC-Fassungen 1 Steuer-EPROM 2764 2 Abstandshalter für die Platine 2 DIL-Schalter (nur für den C128-Modus)

Tabelle 2. Die notwendigen Bauteile

auf »ON« stehen. Alles weitere ist selbsterklärend. Mit der Taste <0> läßt sich die Karte softwaremäßig ausschalten. Anschließend wird ein Software-Reset durchgeführt. Diese Taste taucht im Hauptmenü nicht auf.

Das Menü 2 wurde geschaffen, um eventuell schon vorhandene und programmierte EPROMs weiterhin nutzen zu können. Dabei muß es sich aber um EPROMs des Typs 2764 handeln. Bei Anwahl dieses Menüs werden alle Steckplätze auf EPROMs überprüft. Wird ein EPROM erkannt, wird zusätzlich überprüft, ob es ein Autostartprogramm enthält. Alle über einen Steckplatz gefundenen Informationen werden auf dem Bildschirm angezeigt. Nun besteht die Möglichkeit, einen der Steckplätze anzuwählen. Zusätzlich kann noch ein Software-Reset ausgelöst werden, um Autostartprogramme zu starten.

Das Menü 3 bietet die Möglichkeit, einen beliebigen 8-KByte-Block auszuwählen und als Betriebssystem in das RAM unter das Kernel-ROM zu verschieben. Das Kernel-ROM wird anschließend abgeschaltet, damit das neue Betriebssystem im RAM angesprochen wird.

Ferner besteht in diesem Menü die Möglichkeit, einen der Steckplätze 5 bis 8 als Basic-Interpreter auszuwählen und einzuschalten. Hier können nur die EPROM-Typen 2764 und 27128 verwendet werden. Für diese Betriebsart muß S2 unbedingt in Stellung »16K« stehen.

Jetzt wollen wir Ihnen noch einige Informationen zur Schaltung (Bild 3) geben. Nach einem Reset oder nach dem Einschalten des Computers werden alle Flip-Flops auf der Karte durch die an den Clear- oder Preset-Eingängen angeschlossene Reset-Leitung in einen definierten Zustand gebracht.

Alle Flip-Flops sind hinsichtlich ihrer Funktionsweise identisch verdrahtet. Es ergibt sich daher folgende Arbeitsweise: Bei einem High-Low-Übergang an den Takteingängen kippen die Ausgänge Q und $\overline{Q}$ jeweils in die andere Lage. Dabei müssen die Voreinstell-(Preset-) und Lösch-(Clear-)Eingänge jeweils auf High liegen.

Durch ein Low am Preset-Eingang wird Q auf High gelegt. Ein Low am Clear-Eingang hat ein Low an Q zur Folge. Wichtig ist, daß die Eingänge auch unabhängig vom Takt arbeiten, damit bestimmte Zustände durch Schalter erzwungen werden können. Im weiteren Verlauf der Schaltungsbeschreibung werden wir Flip-Flop durch FF abkürzen.

Im Betrieb mit Steuer-EPROM ist S1 geöffnet (Karte eingeschaltet) und S2 steht in der Stellung 256. Der DIL-Schalter S3 steht in der Stellung ON, damit das FF A von IC6 durch ein Low von der Reset-Leitung am Preset-Eingang in einen Zustand mit Q=High und $\overline{Q}$=Low gebracht wird. Der Q-Ausgang sperrt den Eins-Aus-Acht-Decoder (IC2) am Eingang E1, damit keines der acht anderen EPROMs selektiert werden kann. Der Q-Ausgang bringt OE vom Steuer-EPROM auf Low und signalisiert über LED D9, daß es selektiert wird. Q von FF A (IC5) legt die Leitung EXROM auf Low, damit die EPROMs überhaupt vom Computer erkannt werden können).

ROML ist von Treiber B (IC3) immer freigegeben. Treiber C ist über FF D freigegeben und versorgt die EPROMs 5 bis 8. Treiber A ist gesperrt. Die gesamte Steuerung der Karte kann nun vom Steuer-EPROM übernommen werden.

So funktioniert die Schaltung

Für den Betrieb ohne Steuer-EPROM muß der DIL-Schalter S3 geöffnet sein, wenn ein Reset ausgelöst wird. S2 muß in Stellung 256 stehen. FF A und FF B geben über E1 und E2 den Decoder IC2 frei. Über einen POKE-Befehl auf Adresse $DE00 kann nun einer der acht EPROM-Steckplätze ausgewählt werden. Die Auswahl geschieht über die Adreßbits D0 bis D2. Der ausgewählte Steckplatz wird über die dazugehörige OE-Leitung freigegeben. Ferner müssen die Adressen A13 und A14 verwaltet werden. A13 wird mit FF B geschaltet. Ein Schalten wird durch einen Schreibbefehl auf Adresse DE00 in Verbindung mit Datenbit D5 hervorgerufen. Genauso verhält es sich mit A14, nur ist hier das Datenbit D4 für die Umschaltung relevant.Eine spezielle Aufgabe hat FF C. Mit Hilfe dieses FFs kann jederzeit Steckplatz 9, also das Steuer-EPROM, eingeblendet werden. Dafür ist das Datenbit D3 zuständig. Die LEDs D10 und D11 zeigen immer den logischen Pegel der Adreßleitungen A13 und A14 an. Gerade in der Testphase ist dies sehr hilfreich.

Wie schon angedeutet, ist auch ein Betrieb als 16-KByte-Modul möglich. Für diesen Modus muß S2 in Stellung »64/128+16K« stehen. Diese Betriebsart ist vor allem für die Verwendung von schon vorhandenen 2764-EPROMs (8 KByte) gedacht. Um 16 KByte einzublenden, müssen daher zwei EPROMs gleichzeitig selektiert werden. Ein EPROM wird wie bisher in den Adreßbereich $8000 bis $9FFF eingeblendet. Das andere belegt den Adreßbereich des Basic-Interpreters von $A000 bis $BFFF. Die acht EPROMs werden dazu in vier Zweiergruppen aufgeteilt. Die EPROMs 1+5, 2+6, 3+7 und 4+8 gehören zusammen und können jeweils eingeschaltet werden. Diese Doppel-Selektion erledigt die Treibergruppe A von IC1. Ein Low an Ausgang Q0 von IC2 gelangt an OE von EPROM 1 und über einen Treiber A von IC2 an OE von EPROM 5. Freigegeben wird der Treiber von FF D. Die Treibergruppe B (IC1) ist gleichzeitig gesperrt, da die Ausgänge Q5 bis Q8 von IC2 bei dieser Betriebsart nicht benötigt werden.

Nun müssen noch die Signale ROML und ROMH richtig verteilt werden. Dafür sorgen die Treiber A bis C von IC3. Über Treiber B gelangt ROML immer an die EPROMs 1 bis 4, da der Freigabeeingang ständig auf +5 V liegt. ROMH gelangt über den von FF D freigegebenen Treiber A an die EPROM-Gruppe 5 bis 8. Treiber C ist gesperrt. Die Leitung GAME wird ebenfalls von FF D nach Low gezogen, um dem Computer diese spezielle Betriebsart mitzuteilen.

Eine kleine Einschränkung ist zu beachten: Da sich S2 in Stellung »16K« befindet, kann A14 nicht mehr geschaltet werden. Daher lassen sich in dieser Betriebsart 27256-EPROMs nur zur Hälfte nutzen.

Der Einsatz am C 128

Eine weitere Besonderheit ist, daß die EPROM-Karte auch für den Betrieb am C 128 im C 128-Modus vorbereitet ist. Dafür befinden sich im schmaleren, vorderen Teil der Platine vier Lötstützpunkte, in die genau zwei DIL-Schalter passen. Auf der Lötseite (Seite 155) sind die beiden Schalter durch die Jumper 3 und 4 überbrückt. Die beiden dazugehörigen Leitungen sind EXROM und GAME. Für den Betrieb am C 128 im C 128-Modus dürfen diese beiden Leitungen keinen Low-Pegel führen, da der C 128 sonst sofort nach einem Reset in den C 64-Modus springt. Setzt man nun die beiden DIL-Schalter ein und trennt die Jumper 3 und 4 auf, so kann die Platine im C 128-Modus betrieben werden, wenn beide DIL-Schalter auf »OFF« stehen. Die EPROMs werden dabei wie gewohnt über ROML und ROMH angesprochen. Sie müssen nur für die richtigen Werte in den Konfigurationsregistern sorgen, über welche die Speicherkonfiguration eingestellt wird. ROML versorgt immer den unteren 16-KByte-Adreßbereich und ROMH spricht den oberen 16-KByte-Adreßbereich an. Besonders interessant ist daher auch der 16-KByte-Modus der Platine, über den man zwei EPROMs gleichzeitig in das System einbinden kann. Das Umschalten der Steckplätze und der Adreßleitungen erfolgt wie im C 64-Modus. Das Steuerprogramm (Listing) unterstützt den C 128-Modus jedoch nicht. Hier sind alle C 128-Programmierer aufgefordert, eine entsprechende Steuer-Software zu entwickeln. Wir würden uns über die Einsendung solcher Programme freuen.

Alle für den Nachbau notwendigen Bauteile finden Sie in der Stückliste (Tabelle 2) noch einmal zusammengefaßt.

Abschließend noch ein Hinweis für alle, die nicht die Möglichkeit haben, die EPROM-Karte komplett selbst zu bauen. Sie können das fertige Gerät (mit Steuer-EPROM) für 99 Mark, die Leerplatine für 43 Mark und das Steuer-EPROM für 14 Mark bei AGE kaufen. Die genaue Anschrift finden Sie im nachstehenden Info. (A. Gerzen/kn)

AGE (Andreas Gerzen Hard- und Soft-Entwicklungen), Postfach 5072, 4018 Langenfeld, Telefon 02173/80229

```
Name : 256k-eprom-bank   2000 4000
-----------------------------------
2000 : 09 80 43 fe c3 c2 cd 38  f4
2008 : 30 ea ea 8e 16 d0 20 a3  e9
2010 : fd 20 50 fd 20 15 fd 20  d4
2018 : 5b ff 58 20 53 e4 20 bf  e9
2020 : e3 a9 00 8d 21 d0 8d 20  99
2028 : d0 a9 07 8d 03 08 a9 04  5f
2030 : 85 8e a9 9c 85 8c a9 08  6e
2038 : 85 fe 20 40 80 4c 5b 80  25
2040 : a2 00 86 8b 86 8d a1 8b  68
2048 : 81 8d e6 8b e6 8d d0 f6  c7
2050 : e6 8e e6 8c a5 8e c5 fe  ac
2058 : d0 ec 60 a9 00 85 8d a9  a1
2060 : d8 85 8e ad 03 08 81 8d  e6
2068 : e6 8d d0 fa e6 8e a4 8e  3b
2070 : c0 dc d0 f2 a9 00 8d 00  02
2078 : 08 8d 01 08 8d 02 08 a9  e5
2080 : 10 85 fe a9 09 85 8e a9  92
2088 : 81 85 8c 20 40 80 a9 07  b0
2090 : 8d 86 02 a9 00 8d 0a 08  bb
2098 : 85 fb 8d 0e 08 8d 0b 08  69
20a0 : 8d 0c 08 85 4b 8d 0e 08  50
20a8 : a9 38 85 8f a9 11 8d 07  28
20b0 : 08 a9 10 85 4c a9 10 8d  af
20b8 : 05 08 a9 17 8d 11 08 a2  d5
20c0 : 01 86 3d 86 fd e8 86 3e  e2
20c8 : e8 e8 86 3f 4c 03 09 20  ef
20d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
20d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
20e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
20e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
20f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
20f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
2100 : c1 c7 c5 a9 30 8d 00 de  79
2108 : a5 8f c9 40 d0 03 4c 96  73
2110 : 09 8d 00 de 20 38 09 d0  45
2118 : 08 20 4e 09 e6 8f 4c 08  11
2120 : 09 20 46 09 20 38 09 f0  b6
2128 : 06 20 46 09 4c 1c 09 20  fb
2130 : 4e 09 20 46 09 4c 1c 09  49
2138 : a2 02 bd 00 09 dd 00 80  cb
2140 : d0 03 ca d0 f5 60 a5 8f  77
2148 : 29 ef 8d 00 de 60 ad 04  7c
2150 : 80 8d 09 08 18 6d 0a 08  ff
2158 : 8d 0a 08 8d 0b 08 a2 00  1a
2160 : ac 07 08 b9 00 80 81 4b  6a
2168 : e6 4b a5 4b d0 02 e6 4c  18
2170 : c8 ce 05 08 ad 05 08 d0  a6
2178 : ea ce 09 08 f0 0d 98 18  17
2180 : 69 0a a8 a9 10 8d 05 08  df
2188 : 4c 63 09 a0 11 8c 07 08  7e
2190 : a0 10 8c 05 08 60 a9 10  46
2198 : 85 fc 20 f5 09 ad 0b 08  9c
21a0 : f0 11 ee 0c 08 20 d8 09  4d
21a8 : ee 10 08 ce 0b 08 ad 0b  38
21b0 : 08 d0 03 4c 34 0a ad 0c  cd
21b8 : 08 c9 14 f0 f6 c9 0a d0  4f
21c0 : 03 20 f5 09 ad 0c 08 38  3e
21c8 : e9 0a b0 06 20 04 0a 4c  86
21d0 : 9d 09 20 0f 0a 4c 9d 09  67
21d8 : ac 05 08 a2 00 a1 [illegible] f0  3c
21e0 : 03 20 d2 ff e6 fb a5 fb  85
21e8 : d0 02 e6 fc 88 d0 ee a0  1e
21f0 : 10 8c 05 08 60 18 a2 04  e2
21f8 : 8e 10 08 a0 03 8c 12 08  91
2200 : 20 f0 ff 60 18 ae 10 08  ec
2208 : ac 12 08 20 f0 ff 60 18  84
2210 : ae 10 08 ac 11 08 20 f0  12
2218 : ff 60 a9 08 85 fe a9 9c  e3
2220 : 85 8c a9 04 85 8e a9 37  b8
2228 : 8d 00 de 20 40 80 a9 37  8e
2230 : 8d 00 de 60 ae 0e 08 8e  1a
2238 : 0f 08 ee 0e 08 20 e4 ff  de
2240 : c9 41 30 07 c9 55 10 03  24
2248 : 4c 94 0a c9 5e d0 03 4c  ab
2250 : 74 0a c9 30 d0 03 4c 6e  75
2258 : 0a c9 2a d0 03 4c 21 0e  1f
2260 : c9 32 d0 03 4c 21 0e c9  70
2268 : 33 d0 d2 4c 21 0e ad 00  7b
2270 : df 4c e2 fc 20 1a 0a a9  1c
2278 : 00 8d 0c 08 ad 0b 08 f0  78
2280 : 03 4c 9a 09 a9 00 8d 0e  5e
2288 : 08 85 fb ad 0a 08 8d 0b  35
2290 : 08 4c 96 09 38 e9 40 ae  b6
2298 : 0f 08 f0 06 18 69 14 ca  5b
22a0 : d0 fa 8d 13 08 ad 0a 08  d9
22a8 : 38 ed 13 08 b0 03 4c 3d  6c
22b0 : 0a a9 00 8d 15 08 85 46  75
22b8 : a9 37 85 8f e6 8f a5 8f  f1
22c0 : 8d 00 de 20 38 09 d0 03  1e
22c8 : 4c db 0a 20 46 09 20 38  26
22d0 : 09 f0 06 20 46 09 4c bc  2e
22d8 : 0a e6 46 ad 04 80 a8 a2  c9
22e0 : 00 ee 15 08 e8 8e 03 08  bd
22e8 : ad 15 08 cd 13 08 f0 06  1d
22f0 : 88 f0 c9 4c e1 0a ad 03  17
22f8 : 80 8d 08 08 a9 08 ca f0  2a
2300 : 06 18 69 1a 4c fe 0a aa  ea
2308 : bd 00 80 85 9e e8 bd 00  be
2310 : 80 85 9f e8 bd 00 80 85  41
2318 : 41 e8 bd 00 80 85 be e8  3e
2320 : bd 00 80 85 bf e8 bd 00  e8
2328 : 80 8d 14 08 e8 bd 00 80  f2
2330 : 85 45 e8 bd 00 80 85 6d  3f
2338 : e8 bd 00 80 85 6e ac 03  93
2340 : 08 b9 f6 80 d0 16 ca ca  71
2348 : ca bd 00 80 85 9c 8a 18  99
2350 : 69 14 aa bd 00 80 85 9b  77
2358 : a9 00 85 fd ad 05 80 85  32
2360 : 48 ad 06 80 85 49 ad 07  78
2368 : 80 85 4a ad 08 08 c9 02  df
2370 : f0 0a a5 46 d0 03 20 46  ca
2378 : 09 20 04 0d a5 41 f0 2a  b1
2380 : c9 01 d0 0a a5 8f 29 df  7a
2388 : 8d 00 de 4c aa 0b c9 02  85
2390 : d0 0a a5 8f 29 ef 8d 00  09
2398 : de 4c aa 0b a5 8f 29 ef  04
23a0 : 8d 00 de a5 8f 29 df 8d  76
23a8 : 00 de a5 8f 8d 00 de a5  12
23b0 : 9f 18 69 80 85 9f a5 6e  8e
23b8 : 18 69 80 85 6e a5 fd f0  43
23c0 : 08 a5 be 85 9b a5 bf 85  ec
23c8 : 9c e6 6d a5 6d d0 02 e6  1b
23d0 : 6e a5 45 f0 13 ad 08 08  4f
23d8 : c9 03 d0 06 20 f6 0c 4c  9a
23e0 : eb 0b 20 e8 0c 4c eb 0b  5f
23e8 : 20 cc 0c 20 da 0c 4c 34  1d
23f0 : 03 a2 00 a1 9e 81 be e6  37
23f8 : 9e e6 be a5 9e d0 02 e6  b4
2400 : 9f a5 be d0 02 e6 bf a5  dd
2408 : 9e c5 6d d0 e6 a5 9f c5  a4
2410 : 6e d0 e0 4c b4 02 a2 00  8e
2418 : a1 9e 81 be e6 9e e6 be  bd
2420 : a5 9e d0 02 e6 9f a5 be  08
2428 : d0 02 e6 bf a5 9f c9 a0  6b
2430 : d0 e6 a5 41 f0 06 c9 01  6d
2438 : f0 08 d0 0c a5 8f 29 df  1d
2440 : d0 0a a5 8f 49 30 d0 04  d2
2448 : a5 8f 29 df 8d 00 de e6  1d
2450 : 41 c6 45 a5 45 f0 06 a9  42
2458 : 80 85 9f d0 bb a9 80 85  b3
2460 : 9f a1 9e 81 be e6 9e e6  13
2468 : be a5 9e d0 02 e6 9f a5  dc
2470 : be d0 02 e6 bf a5 9e c5  23
2478 : 6d d0 e6 a5 9f c5 6e d0  3f
2480 : e0 4c b4 02 20 44 e5 ad  0b
2488 : 00 df a5 9b c9 01 d0 22  81
2490 : a5 9c c9 08 d0 1c e6 be  fe
2498 : a5 be d0 02 e6 bf 85 2d  ee
24a0 : 85 2f 85 31 a5 bf 85 2e  0f
24a8 : 85 30 85 32 20 59 a6 4c  ed
24b0 : ae a7 a5 9b d0 09 a5 9c  34
24b8 : c9 80 d0 03 4c e2 fc a5  71
24c0 : 9b 8d fe 03 a5 9c 8d ff  b7
24c8 : 03 6c fe 03 a2 00 bd f1  26
24d0 : 0b 9d 34 03 e8 e0 80 d0  51
24d8 : f5 60 a2 00 bd 84 0c 9d  11
24e0 : b4 02 e8 e0 4b d0 f5 60  bf
```

Listing des Steuerprogramms für die EPROM-Karte

```
24e8 : a2 00 bd 16 0c 9d 34 03   41
24f0 : e8 e0 80 d0 f5 60 a2 00   6f
24f8 : bd 70 0d 9d 34 03 e8 e0   a5
2500 : c0 d0 f5 60 ad 08 08 c9   81
2508 : 03 f0 01 60 a0 00 84 3b   62
2510 : a6 48 86 3c b5 3d aa c4   7d
2518 : 41 f0 33 ca f0 03 c8 d0   e3
2520 : f6 c8 e6 8f a9 01 85 3b   55
2528 : a6 49 86 3c b5 3d aa c4   15
2530 : 41 f0 1b ca f0 03 c8 d0   f5
2538 : f6 c8 e6 8f a9 02 85 3b   75
2540 : a6 4a 86 3c b5 3d aa c4   ae
2548 : 41 f0 03 c8 d0 f9 86 40   53
2550 : a5 3b c9 02 f0 05 c9 01   a6
2558 : f0 0b 60 a6 48 aa a5 41   ae
2560 : 38 f5 3d 85 41 a6 49 aa   57
2568 : a5 41 38 f5 3d 85 41 60   40
2570 : a2 00 a1 9e 85 be e6 9e   35
2578 : e6 be a5 9e d0 02 e6 9f   f2
2580 : a5 be d0 02 e6 bf a5 9f   3b
2588 : c9 a0 d0 e6 e6 41 c6 40   c6
2590 : f0 29 a5 41 c9 03 f0 10   3f
2598 : c9 02 f0 06 a5 8f 29 df   9a
25a0 : d0 0a a5 8f 49 30 d0 04   32
25a8 : a5 8f 29 df 8d 00 de c6   3d
25b0 : 45 f0 45 a9 80 85 9f d0   48
25b8 : b7 f0 b5 e6 8f a6 3b b5   b8
25c0 : 48 aa b5 3d c9 01 f0 07   e9
25c8 : a5 8f 29 df 8d 00 de e6   9d
25d0 : 3b a6 3b b5 48 aa b5 3d   0f
25d8 : 85 40 c9 04 d0 07 a5 8f   6b
25e0 : 29 ef 8d 00 de a5 8f 8d   d9
25e8 : 00 de a9 80 85 9f c6 45   cd
25f0 : f0 06 a9 00 85 41 f0 c1   f7
25f8 : a9 80 85 9f a2 00 a1 9e   25
2600 : 81 be e6 9e e6 be a5 9e   a6
2608 : d0 02 e6 9f a5 9e d0 02   1e
2610 : e6 bf a5 9e c5 6d d0 e6   ec
2618 : a5 9f c5 6e d0 e0 4c b4   7b
2620 : 02 48 a2 00 bd 30 0e 9d   c0
2628 : 00 10 e8 d0 f7 4c 00 10   86
2630 : a9 37 8d 00 de 68 c9 32   95
2638 : d0 21 a9 92 85 8c a9 08   c9
2640 : 85 8e a9 10 85 fe 20 40   ca
2648 : 80 a9 98 85 8c a9 04 85   a5
2650 : 8e a9 08 85 fe 20 40 80   59
2658 : 4c 03 08 c9 2a d0 12 a9   26
2660 : 8a 85 8c a9 08 85 8e a9   3f
2668 : 10 85 fe 20 40 80 4c 03   3e
2670 : 08 a9 93 85 8c a9 08 85   24
2678 : 8e a9 10 85 fe 20 40 80   83
2680 : a9 94 85 8c a9 04 85 8e   54
2688 : a9 08 85 fe 20 40 80 4c   15
2690 : 03 08 20 20 20 20 20 20   67
2698 : 20 20 20 20 20 20 20 20   98
26a0 : 0d 0d 20 20 20 20 42 49   df
26a8 : 54 54 45 20 53 41 56 45   9f
26b0 : 4e 41 4d 45 4e 20 45 49   28
26b8 : 4e 47 45 42 45 4e 0d 0d   59
26c0 : 20 20 20 20 20 20 20 0d   9a
26c8 : 0d 20 42 49 54 54 45 20   dc
26d0 : 57 41 45 48 4c 45 4e 20   8b
26d8 : 53 49 45 20 44 45 4e 20   0d
26e0 : 45 50 52 4f 4d 54 59 50   49
26e8 : 20 41 55 53 20 3a 0d 0d   8b
26f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20   f0
26f8 : 20 20 20 20 20 31 20 2d   9b
2700 : 20 32 37 36 34 0d 0d 20   ee
2708 : 20 20 20 20 20 20 20 20   08
2710 : 20 20 20 20 32 20 2d 20   66
2718 : 32 37 31 32 38 0d 0d 20   d9
2720 : 20 20 20 20 20 20 20 20   20
2728 : 20 20 20 20 33 20 2d 20   8e
2730 : 32 37 32 35 36 0d 0d 20   71
2738 : 20 20 20 20 20 20 20 20   38
2740 : 20 20 20 20 34 20 2d 20   b6
2748 : 56 45 52 54 45 49 4c 45   ba
2750 : 4e 20 20 20 42 49 54 54   23
2758 : 45 20 4e 45 55 45 20 53   90
2760 : 54 41 52 54 41 44 52 45   7e
2768 : 53 53 45 20 45 49 4e 47   21
2770 : 45 42 45 4e 0d 20 20 20   84
2778 : 20 20 50 52 4f 47 52 41   02
2780 : 4d 4d 45 20 20 20 20 20   8d
2788 : 20 20 46 52 45 49 45 20   88
2790 : 42 59 54 45 53 0d 0d 0d   29
2798 : 0d 0d 20 20 20 20 20 20   fc
27a0 : 20 42 49 54 54 45 20 46   3b
27a8 : 55 4e 4b 54 49 4f 4e 20   0a
27b0 : 45 49 4e 47 45 42 45 4e   2e
27b8 : 0d 0d 20 20 20 20 20 20   1c
27c0 : 20 20 20 20 31 20 2d 20   06
27c8 : 44 49 52 45 43 54 4f 52   a7
27d0 : 59 0d 20 20 20 20 20 20   80
27d8 : 20 20 20 20 32 20 2d 20   2e
27e0 : 4e 45 55 45 53 20 50 52   eb
27e8 : 4f 47 52 41 4d 4d 0d 20   4b
```

```
27f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20   f0
27f8 : 20 33 20 2d 20 41 42 53   1b
2800 : 50 45 49 43 48 45 52 4e   42
2808 : 0d 20 20 20 20 20 20 20   f5
2810 : 20 20 20 20 34 20 2d 20   4b
2818 : 41 55 50 54 4d 45 4e 55   85
2820 : 45 0d 0d 0d 0d 20 20 20   63
2828 : 20 57 45 49 54 45 52 20   67
2830 : 4d 49 54 20 27 53 50 41   0c
2838 : 43 45 27 0d 0d 20 20 20   1c
2840 : 20 42 49 54 54 45 20 50   ef
2848 : 52 4f 47 52 41 4d 4d 4e   ae
2850 : 41 4d 45 4e 20 45 49 4e   41
2858 : 47 45 42 45 4e 0d 0d 20   3d
2860 : 20 20 20 20 20 20 20 20   3a
2868 : 0d 20 20 20 20 44 45 52   6f
2870 : 20 50 4c 41 54 5a 20 52   31
2878 : 45 49 43 48 54 20 4e 49   4e
2880 : 43 48 54 20 41 55 53 20   4d
2888 : 21 0d 0d 20 20 20 20 20   3b
2890 : 20 20 20 20 57 45 49 54   3a
2898 : 45 52 20 4d 49 54 20 27   be
28a0 : 53 50 41 43 45 27 0d 0d   b0
28a8 : 20 20 20 20 53 54 41 52   66
28b0 : 54 41 44 52 45 53 53 45   c7
28b8 : 20 41 45 4e 44 45 52 4e   e8
28c0 : 20 3f 0d 0d 20 20 20 20   29
28c8 : 42 49 54 54 45 20 4e 45   68
28d0 : 55 45 20 53 54 41 52 54   7c
28d8 : 41 44 52 45 53 53 45 20   9e
28e0 : 45 49 4e 47 45 42 45 4e   5e
28e8 : 0d 0d 20 20 20 20 20 20   4c
28f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20   f0
28f8 : 24 2f 4f 8f cf 2f 4f 6f   0c
2900 : 8f af cf 0d 0d 20 20 20   8f
2908 : 20 45 50 52 4f 4d 20 49   9c
2910 : 53 54 20 42 45 4c 45 47   38
2918 : 54 20 42 49 53 20 24 0d   17
2920 : 0d 20 20 20 20 20 20 20   0d
2928 : 2e 45 50 52 4f 4d 54 59   bb
2930 : 50 20 41 55 53 57 41 45   0b
2938 : 48 4c 45 4e 0d 0d 20 20   bb
2940 : 20 44 49 45 20 4b 41 50   7f
2948 : 41 5a 49 54 41 45 54 20   63
2950 : 52 45 49 43 48 54 20 4e   44
2958 : 49 43 48 54 20 21 31 32   14
2960 : 33 2e 45 50 52 4f 4d 0d   f5
2968 : 0d 0d 20 4c 45 54 5a 54   97
2970 : 45 53 20 45 50 52 4f 4d   7f
2978 : 20 49 53 54 20 42 45 4c   5e
2980 : 45 47 54 20 42 49 53 20   7e
2988 : 24 0d 20 20 20 20 20 20   03
2990 : 20 44 49 53 4b 20 55 4e   37
2998 : 44 20 4c 41 55 46 57 45   97
29a0 : 52 4b 20 4f 4b 20 3f 0d   57
29a8 : 0d 31 2e 45 50 52 4f 4d   f2
29b0 : 32 2e 45 50 52 4f 4d 33   90
29b8 : 2e 45 50 52 4f 4d 0d 0d   95
29c0 : 20 20 20 20 5a 55 57 45   35
29c8 : 4e 49 47 20 4b 41 50 41   13
29d0 : 5a 49 54 41 45 54 20 21   c6
29d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20   d8
29e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20   e0
29e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20   e8
29f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20   f0
29f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20   f8
2a00 : 00 00 00 4c 49 08 00 00   5f
2a08 : 00 00 00 00 00 00 00 00   09
2a10 : 00 00 00 00 00 00 00 00   11
2a18 : 00 00 00 00 00 00 00 00   19
2a20 : 00 00 00 00 00 00 00 00   21
2a28 : 00 00 00 00 00 a9 08 85   a1
2a30 : ba 20 b4 ff a9 6f 85 b9   c7
2a38 : 20 96 ff 20 a5 ff 20 d2   28
2a40 : ff c9 0d d0 f6 20 ab ff   a0
2a48 : 60 a9 03 8d 07 08 a9 08   57
2a50 : 8d 09 08 a9 f7 8d 19 08   f9
2a58 : a9 06 8d 06 08 a9 00 8d   11
2a60 : 0a 08 8d 16 08 85 9d 8d   d3
2a68 : 1a 08 8d 20 08 8d 1c 08   5b
2a70 : 8d 0c 08 8d 14 08 a2 11   e5
2a78 : 8e 0d 08 ca 8e 1b 08 a2   0f
2a80 : 00 a9 20 9d 00 10 e8 d0   d6
2a88 : fa a9 c1 a2 c7 a0 c5 8d   cf
2a90 : 00 10 8e 01 10 8c 02 10   ea
2a98 : a2 01 8e 15 08 ca 8e 04   1a
2aa0 : 10 ca 86 8b a9 e0 8d 1f   3e
2aa8 : 08 a2 00 bd a9 89 9d e0   d8
2ab0 : 03 e8 e0 15 d0 f5 20 44   c8
2ab8 : e5 ae 07 08 ac 06 08 18   03
2ac0 : 20 f0 ff a2 00 bd c7 86   c7
2ac8 : 20 d2 ff e8 e0 8a d0 f5   00
2ad0 : 20 e4 ff a8 38 e9 31 8d   2a
2ad8 : 03 10 98 a0 1e 84 8c c9   e9
2ae0 : 31 f0 18 a0 3e 84 8c c9   71
2ae8 : 32 f0 10 a0 7e 84 8c c9   7c
2af0 : 33 f0 08 a0 be 84 8c c9   87
```

```
2af8 : 34 d0 d5 4c ff 08 60 20   95
2b00 : 44 e5 a2 00 bd 74 87 20   bd
2b08 : d2 ff e8 e0 ad d0 f5 20   a9
2b10 : f0 09 20 e4 ff ac 04 10   bf
2b18 : c0 09 f0 12 c9 31 d0 03   4b
2b20 : 4c 48 09 c9 32 d0 03 4c   5a
2b28 : 42 09 c9 33 d0 0d ad 03   fa
2b30 : 10 c9 03 d0 03 4c 67 0d   4a
2b38 : 4c 4c 0e c9 34 d0 d3 4c   19
2b40 : e2 fc 20 cf 09 4c 1d 0a   1e
2b48 : 20 44 e5 a9 24 85 fb a9   eb
2b50 : fb 85 bb a9 00 85 bc a9   a4
2b58 : 01 85 b7 a9 08 85 ba a9   2a
2b60 : 60 85 b9 20 d5 f3 a5 ba   fe
2b68 : 20 b4 ff a5 b9 20 96 ff   8e
2b70 : a9 00 85 90 a0 03 84 fb   b9
2b78 : 20 a5 ff 85 fc a4 90 d0   f4
2b80 : 34 20 a5 ff a4 90 d0 2d   9a
2b88 : a4 fb 88 d0 e9 a6 fc 20   6e
2b90 : cd bd a9 20 20 d2 ff 20   83
2b98 : a5 ff a6 90 d0 17 aa f0   4b
2ba0 : 06 20 d2 ff 4c 97 09 20   51
2ba8 : e1 ff f0 09 a9 0d 20 d2   0f
2bb0 : ff a0 02 d0 c1 20 42 f6   ae
2bb8 : a2 00 bd 21 88 20 d2 ff   c3
2bc0 : e8 e0 1c d0 f5 20 e4 ff   2d
2bc8 : c9 20 d0 f9 4c ff 08 a2   3f
2bd0 : 00 bd 3b 88 20 d2 ff e8   f9
2bd8 : e0 2b d0 f5 a0 00 8c 0b   93
2be0 : 08 20 cf ff 99 3c 03 c8   05
2be8 : ee 0b 08 c9 0d d0 f2 60   7b
2bf0 : ad 04 10 18 69 30 8d 81   f8
2bf8 : 04 38 20 f0 ff 8e 07 08   df
2c00 : 8c 06 08 a2 03 a0 18 18   ac
2c08 : 20 f0 ff a6 8b a5 8c 20   cd
2c10 : cd bd ae 07 08 ac 06 08   56
2c18 : 18 20 f0 ff 60 20 57 0a   f5
2c20 : a5 90 f0 27 a2 00 bd 5d   0a
2c28 : 88 20 d2 ff e8 e0 06 d0   c4
2c30 : f5 20 2d 08 a2 02 bd 21   f5
2c38 : 88 20 d2 ff e8 e0 1a d0   24
2c40 : f5 20 e4 ff c9 20 d0 f9   53
2c48 : 4c ff 08 20 92 0a a5 90   cb
2c50 : c9 40 d0 d0 4c c1 0a a9   d6
2c58 : 01 a2 08 a0 60 20 ba ff   b2
2c60 : ad 0b 08 a2 3c a0 03 20   fe
2c68 : bd ff a9 00 85 93 a9 60   ec
2c70 : 85 b9 20 d5 f3 a5 ba 20   2c
2c78 : b4 ff a5 b9 20 96 ff 20   c3
2c80 : a5 ff 8d 0e 08 20 a5 ff   62
2c88 : 8d 0f 08 20 ab ff 20 42   63
2c90 : f6 60 a2 08 a0 00 20 ba   60
2c98 : ff a2 3c a0 03 ad 0b 08   e5
2ca0 : 20 bd ff a9 00 ae 0c 08   8a
2ca8 : ac 0d 08 20 d5 ff c6 ae   b7
2cb0 : a5 ae 8d 1d 08 c9 ff d0   24
2cb8 : 02 c6 af a5 af 8d 1e 08   ae
2cc0 : 60 20 d8 0a d0 03 4c ff   fe
2cc8 : 08 20 24 0b 20 d2 0b 20   50
2cd0 : 00 0c 20 7e 0c 4c ff 08   e1
2cd8 : ae 03 10 bd f9 88 38 e5   54
2ce0 : af b0 17 a2 00 bd 67 88   9e
2ce8 : 20 d2 ff e8 e0 3f d0 f5   c5
2cf0 : 20 e4 ff c9 20 d0 f9 a9   7f
2cf8 : 00 60 ee 04 10 a5 ae 38   be
2d00 : ed 0c 08 8d 18 08 a5 8b   17
2d08 : 38 ed 18 08 85 8b c6 8b   25
2d10 : a5 af 38 ed 0d 08 8d 17   ce
2d18 : 08 a5 8c 38 ed 17 08 85   e0
2d20 : 8c a9 01 60 a2 00 8e 13   58
2d28 : 08 bd a6 88 20 d2 ff e8   34
2d30 : e0 1c d0 f5 20 e4 ff c9   ce
2d38 : 4e f0 f0 c9 4a d0 f5 20   3f
2d40 : 4e 0b ae 19 08 a9 00 9d   ec
2d48 : 00 10 ee 19 08 60 a2 00   3d
2d50 : bd c2 88 20 d2 ff e8 e0   27
2d58 : 37 d0 f5 38 20 f0 ff 8e   22
2d60 : 07 08 8c 06 08 a2 00 8e   02
2d68 : 10 08 8e 11 08 8e 12 08   8f
2d70 : e8 20 cf ff c9 0d f0 06   31
2d78 : 20 8b 0b 4c 70 0b e0 05   97
2d80 : d0 31 ae 12 08 d0 2c ee   6c
2d88 : 13 08 60 c9 30 30 20 c9   89
2d90 : 46 10 1c c9 3a 30 07 c9   f3
2d98 : 41 30 14 18 69 09 0a 0a   15
2da0 : 0a 0a a0 04 2a 2e 10 08   bc
2da8 : 2e 11 08 88 d0 f6 60 ee   96
2db0 : 12 08 60 a9 20 a2 00 9d   66
2db8 : 48 07 e8 e0 62 d0 f8 ae   c8
2dc0 : 07 08 ac 06 08 88 18 20   1d
2dc8 : f0 ff a9 24 20 d2 ff 4c   d8
2dd0 : 65 0b ad 0d 08 38 e9 10   d2
2dd8 : e9 20 90 06 ee 0a 08 4c   ae
2de0 : d8 0b ae 0a 08 bd fd 88   a2
2de8 : 8d 08 08 38 e5 af b0 0f   3f
2df0 : ee 16 08 ad 08 08 18 69   95
2df8 : 20 8d 08 08 4c eb 0b 60   f3
2e00 : ac 09 08 ad 14 08 99 00   d1
```

```
2e08 : 10 c8 ad 15 08 99 00 10  f8
2e10 : c8 ad 0a 08 99 00 10 c8  9e
2e18 : ad 0e 08 99 00 10 c8 ad  01
2e20 : 0f 08 99 00 10 c8 ad 13  be
2e28 : 08 f0 06 ad 11 08 99 00  97
2e30 : 10 99 00 10 c8 ad 16 08  71
2e38 : 99 00 10 c8 a5 ae 99 00  25
2e40 : 10 c8 a5 af 49 10 29 1f  0c
2e48 : 99 00 10 8d 15 08 c8 a2  91
2e50 : 00 bd 3c 03 99 00 10 c9  0c
2e58 : 0d f0 05 c8 e8 4c 51 0c  86
2e60 : e0 10 f0 0a a9 20 99 00  c8
2e68 : 10 e8 c8 4c 60 0c ad 13  eb
2e70 : 08 f0 03 ad 10 08 99 00  0f
2e78 : 10 c8 8c 09 08 60 e6 ae  ad
2e80 : a4 ae 8c 14 08 d0 05 e6  0a
2e88 : af ee 15 08 8c 0c 08 a4  87
2e90 : af 8c 0d 08 a2 00 8e 0a  42
2e98 : 08 8e 16 08 a9 20 9d 3c  f8
2ea0 : 03 e8 e0 0d d0 f8 ad 15  a7
2ea8 : 08 c9 20 d0 05 a9 00 8d  70
2eb0 : 15 08 60 ad 00 df a9 36  a9
2eb8 : 85 01 a2 08 20 ba ff ae  9d
2ec0 : 1f 08 a0 03 a9 07 20 bd  3b
2ec8 : ff a2 00 86 9e ae 1b 08  c5
2ed0 : 86 9f a9 9e ae 0c 08 ac  29
2ed8 : 0d 08 20 d8 ff ad 00 df  3a
2ee0 : a9 37 85 01 a5 90 f0 27  97
2ee8 : a0 00 b9 be 86 20 d2 ff  83
2ef0 : c8 c0 09 d0 f5 20 2d 08  9a
2ef8 : a0 00 b9 21 88 20 d2 ff  00
2f00 : c8 c0 1c d0 f5 20 e4 ff  3d
2f08 : c9 20 d0 f9 a9 01 60 a9  cc
2f10 : 00 60 a0 00 b9 03 89 20  83
2f18 : d2 ff c8 c0 1c d0 f5 20  94
2f20 : 39 0d a0 00 b9 21 88 20  0f
2f28 : d2 ff c8 c0 1c d0 f5 20  a4
2f30 : e4 ff c9 20 d0 f9 4c 49  2b
2f38 : 08 a5 ae 48 a5 af 38 e9  54
2f40 : 10 20 45 0d 68 48 4a 4a  da
2f48 : 4a 4a 20 5d 0d aa 68 29  85
2f50 : 0f 20 5d 0d 48 8a 20 d2  67
2f58 : ff 68 4c d2 ff 18 69 f6  4d
2f60 : 90 02 69 06 69 3a 60 20  37
2f68 : 44 e5 a2 00 bd 1f 89 20  83
2f70 : d2 ff e8 e0 1d d0 f5 ac  21
2f78 : 1a 08 b9 5e 89 8d 56 04  37
2f80 : a2 00 bd ee 86 20 d2 ff  24
2f88 : e8 e0 56 d0 f5 20 e4 ff  84
2f90 : ac 1a 08 38 e9 31 99 27  2f
2f98 : 08 c9 00 f0 08 c9 01 f0  58
2fa0 : 04 c9 02 d0 e8 ad 1b 08  9c
2fa8 : 99 21 08 b9 27 08 a8 ad  bc
2fb0 : 1e 08 18 69 10 38 f9 f9  a4
2fb8 : 88 90 2f ed 1b 08 90 2a  9a
2fc0 : f0 28 b9 f9 88 38 e9 0f  82
2fc8 : 18 6d 1b 08 ac 1a 08 99  4e
2fd0 : 24 08 8d 1b 08 a9 00 99  c0
2fd8 : 2a 08 ee 1a 08 ad 1a 08  6c
2fe0 : c9 03 d0 03 4c aa 0e 4c  aa
2fe8 : 67 0d a5 ae d0 03 ee 1e  32
2ff0 : 08 ad 1e 08 ac 1a 08 99  46
2ff8 : 24 08 ad 0c 08 99 2a 08  13
3000 : 4c 4c 0e a2 00 bd 67 89  e9
3008 : 20 d2 ff e8 e0 22 d0 f5  fc
3010 : ad 1e 08 ac 1a 08 f0 07  18
3018 : 38 ed 1b 08 18 69 10 85  27
3020 : af 20 39 0d a2 02 bd 21  43
3028 : 88 20 d2 ff e8 e0 1a d0  14
3030 : f5 20 e4 ff c9 20 d0 f9  43
3038 : 4c 49 08 a0 00 b9 27 08  b9
3040 : 99 05 10 cc 1a 08 f0 03  a5
3048 : c8 d0 f2 60 ad 03 10 c9  08
3050 : 03 d0 37 ae 20 08 bd 21  da
3058 : 08 8d 1b 08 bd 24 08 8d  27
3060 : 0d 08 bd 2a 08 8d 0c 08  53
3068 : 20 95 0e 20 3b 0e 20 b3  e7
3070 : 0c d0 e0 ae 20 08 ec 1a  1c
3078 : 08 f0 88 ee 20 08 ad 1f  2f
3080 : 08 18 69 07 8d 1f 08 4c  5a
3088 : 53 0e 20 95 0e 20 b3 0c  66
3090 : d0 ba 4c 12 0d a2 00 bd  74
3098 : 89 89 20 d2 ff e8 e0 20  53
30a0 : d0 f5 20 e4 ff c9 4a d0  29
30a8 : f9 60 a2 00 8e 1a 08 bd  cf
30b0 : be 89 20 d2 ff e8 e0 1a  94
30b8 : d0 f5 a2 02 bd 21 88 20  b3
30c0 : d2 ff e8 e0 1a d0 f5 a9  3b
30c8 : 10 8d 1b 08 20 e4 ff c9  23
30d0 : 20 d0 f9 4c 67 0d 20 20  00
30d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
30e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
30e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
30f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
30f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3100 : 20 20 20 20 20 20 20 20  00
3108 : 20 20 20 20 20 20 20 20  08
3110 : 20 20 20 20 20 20 20 20  10
3118 : 20 20 20 20 20 20 20 20  18
3120 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3128 : 20 20 20 20 20 20 20 20  28
3130 : 20 20 20 20 20 20 20 20  30
3138 : 20 20 20 20 20 20 20 20  38
3140 : 20 20 20 20 20 20 20 20  40
3148 : 20 20 20 20 20 20 20 20  48
3150 : 20 20 20 20 20 20 20 20  50
3158 : 20 20 20 20 20 20 20 20  58
3160 : 20 20 20 20 20 20 20 20  60
3168 : 20 20 20 20 20 20 20 20  68
3170 : 20 20 20 20 20 20 20 20  70
3178 : 20 20 20 20 20 20 20 20  78
3180 : 20 20 20 20 20 20 20 20  80
3188 : 20 20 20 20 20 20 20 20  88
3190 : 20 20 20 20 20 20 20 20  90
3198 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
31a0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a0
31a8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
31b0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b0
31b8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b8
31c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
31c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
31d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
31d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
31e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
31e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
31f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
31f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3200 : 00 00 00 a9 30 29 ef 8d  5d
3208 : 00 de a9 37 85 8d 20 7b  05
3210 : 08 e6 8d a5 8d c9 40 d0  6d
3218 : 03 4c 94 08 8d 00 de 20  fc
3220 : 32 08 d0 0b 20 02 fd d0  98
3228 : 03 4c 4b 08 4c 5b 08 4c  7e
3230 : 6b 08 a0 c0 a2 00 ad 00  c0
3238 : 80 85 fe ad 00 80 c5 fe  09
3240 : d0 08 e8 d0 f6 c8 d0 f3  49
3248 : a9 00 60 a2 00 bd c9 08  83
3250 : 20 d2 ff e8 e0 12 d0 f5  c4
3258 : 4c 86 08 a2 00 bd db 08  ab
3260 : 20 d2 ff e8 e0 13 d0 f5  dc
3268 : 4c 86 08 a2 00 bd ee 08  07
3270 : 20 d2 ff e8 e0 10 d0 f5  d4
3278 : 4c 86 08 a2 07 86 8e a0  7e
3280 : 12 18 20 f0 ff 60 a6 8e  7f
3288 : e8 86 8e a0 12 18 20 f0  af
3290 : ff 4c 11 08 20 e4 ff c9  b7
3298 : 30 d0 06 ad 00 df 4c e2  5e
32a0 : fc c9 31 30 13 c9 3a 10  5c
32a8 : eb 18 69 07 8d 00 de 20  6f
32b0 : 18 e5 20 44 a6 4c 94 e3  32
32b8 : c9 21 30 d8 c9 29 10 d4  09
32c0 : 18 69 17 8d 00 de 4c e2  f2
32c8 : fc 41 55 54 4f 53 54 41  a8
32d0 : 52 54 50 52 4f 47 52 41  a6
32d8 : 4d 4d 0d 53 54 45 43 4b  8d
32e0 : 50 4c 41 54 5a 20 42 45  6b
32e8 : 53 45 54 5a 54 0d 53 54  e2
32f0 : 45 43 4b 50 4c 41 54 5a  89
32f8 : 20 4c 45 45 52 0d 20 20  87
3300 : 00 00 00 a9 30 8d 00 de  63
3308 : 20 e4 ff c9 30 d0 06 ad  d0
3310 : 00 df 4c e2 fc c9 31 30  72
3318 : 07 c9 28 10 03 4c 3f 08  b0
3320 : c9 31 f0 0c c9 32 f0 08  41
3328 : c9 33 f0 04 c9 34 d0 d8  7b
3330 : 38 e9 09 8d 00 de 20 18  f9
3338 : e5 20 44 a6 4c 94 e3 18  3c
3340 : 69 17 8d 00 de a2 00 86  a8
3348 : 8b 86 8d a9 e0 85 8e a9  77
3350 : 80 85 8c a1 8b 81 8d e6  b3
3358 : 8b e6 8d d0 f6 e6 8c e6  7a
3360 : 8e d0 f0 a9 a0 85 8e a1  7b
3368 : 8d 81 8d e6 8d d0 f8 e6  07
3370 : 8e a5 8e c9 c0 d0 f0 ad  5f
3378 : 00 df 20 5f fd a9 35 85  69
3380 : 01 4c 94 e3 20 20 20 20  0d
3388 : 20 20 20 20 20 20 20 20  88
3390 : 20 20 20 20 20 20 20 20  90
3398 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
33a0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a0
33a8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
33b0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b0
33b8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b8
33c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
33c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
33d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
33d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
33e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
33e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
33f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
33f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3400 : 70 43 43 43 43 43 43 43  2d
3408 : 43 43 43 43 43 43 43 43  08
3410 : 43 43 43 43 43 43 43 43  10
3418 : 43 43 43 43 43 43 43 43  18
3420 : 43 43 43 43 43 43 43 6e  76
3428 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  c9
3430 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  2f
3438 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  37
3440 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  3f
3448 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  8b
3450 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  f1
3458 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 81 95  c5
3460 : 93 97 81 88 8c 8d 85 8e  99
3468 : 95 85 a0 a0 a0 a0 a0 a0  cf
3470 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  b3
3478 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  19
3480 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  7f
3488 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  87
3490 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  8f
3498 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  db
34a0 : 6b 43 43 43 43 43 43 43  c8
34a8 : 43 43 43 43 43 43 43 43  a8
34b0 : 43 43 43 43 43 43 43 43  b0
34b8 : 43 43 43 43 43 43 43 43  b8
34c0 : 43 43 43 43 43 43 43 73  20
34c8 : 42 a0 94 81 93 94 85 8e  c1
34d0 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  cf
34d8 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  d7
34e0 : 86 95 8e 8b 94 89 8f 8e  37
34e8 : 85 8e a0 a0 a0 a0 a0 42  07
34f0 : 6b 43 43 43 43 43 43 43  18
34f8 : 43 43 43 43 43 43 43 43  f8
3500 : 43 43 43 43 43 43 43 43  00
3508 : 43 43 43 43 43 43 43 43  08
3510 : 43 43 43 43 43 43 43 73  70
3518 : 42 20 20 20 20 20 20 20  3a
3520 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3528 : 20 20 20 20 20 20 20 20  28
3530 : 20 20 20 20 20 20 20 20  30
3538 : 20 20 20 20 20 20 20 42  7d
3540 : 42 20 14 01 13 14 05 20  de
3548 : 31 2d 34 20 20 20 20 20  e5
3550 : 20 20 20 20 20 09 0e 14  37
3558 : 05 12 10 12 05 14 05 12  d6
3560 : 20 28 31 36 0b 29 20 42  a6
3568 : 42 20 14 01 13 14 05 20  06
3570 : 31 2d 38 20 2b 20 13 08  5a
3578 : 09 06 14 20 20 02 05 14  dc
3580 : 12 09 05 02 13 19 13 14  07
3588 : 05 0d 20 12 01 0d 20 42  dc
3590 : 42 20 14 01 13 14 05 20  2e
3598 : 30 20 20 20 20 20 20 20  a8
35a0 : 20 20 20 20 20 0b 01 12  5f
35a8 : 14 05 20 01 15 13 13 03  a3
35b0 : 08 01 0c 14 05 0e 20 42  84
35b8 : 42 20 20 20 20 20 20 20  da
35c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
35c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
35d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
35d8 : 20 20 20 20 20 20 20 42  1d
35e0 : 6b 43 43 43 43 43 43 43  08
35e8 : 43 43 43 43 43 43 43 43  e8
35f0 : 43 43 43 43 43 43 43 43  f0
35f8 : 43 43 43 43 43 43 43 43  f8
3600 : 43 43 43 43 43 43 43 73  60
3608 : 42 a0 85 93 a0 97 85 92  70
3610 : 84 85 8e a0 8e 95 92 a0  30
3618 : b2 b7 b6 b4 a0 85 90 92  88
3620 : 8f 8d 93 a0 96 85 92 97  7e
3628 : 81 8c 94 85 94 a0 a1 42  1e
3630 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 93 83  63
3638 : 88 81 8c 94 85 92 a0 93  cd
3640 : b2 a0 89 8e a0 93 94 85  7a
3648 : 8c 8c 95 8e 87 a0 b1 b6  03
3650 : 8b a0 a1 a0 a0 a0 a0 42  be
3658 : 6d 43 43 43 43 43 43 43  82
3660 : 43 43 43 43 43 43 43 43  60
3668 : 43 43 43 43 43 43 43 43  68
3670 : 43 43 43 43 43 43 43 43  70
3678 : 43 43 43 43 43 43 43 7d  ec
3680 : 20 20 20 20 20 20 20 20  80
3688 : 20 20 20 20 20 20 20 20  88
3690 : 20 20 20 20 20 20 20 20  90
3698 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
36a0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a0
36a8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
36b0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b0
36b8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b8
36c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
36c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
36d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
36d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
36e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
36e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
36f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
36f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3700 : 20 20 20 20 20 20 20 20  00
```

Listing des Steuerprogramms für die EPROM-Karte (Fortsetzung)

```
3708 : 20 20 20 20 20 20 20 20  08
3710 : 20 20 20 20 20 20 20 20  10
3718 : 20 20 20 20 20 20 20 20  18
3720 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3728 : 20 20 20 20 20 20 20 20  28
3730 : 20 20 20 20 20 20 20 20  30
3738 : 20 20 20 20 20 20 20 20  38
3740 : 20 20 20 20 20 20 20 20  40
3748 : 20 20 20 20 20 20 20 20  48
3750 : 20 20 20 20 20 20 20 20  50
3758 : 20 20 20 20 20 20 20 20  58
3760 : 20 20 20 20 20 20 20 20  60
3768 : 20 20 20 20 20 20 20 20  68
3770 : 20 20 20 20 20 20 20 20  70
3778 : 20 20 20 20 20 20 20 20  78
3780 : 20 20 20 20 20 20 20 20  80
3788 : 20 20 20 20 20 20 20 20  88
3790 : 20 20 20 20 20 20 20 20  90
3798 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
37a0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a0
37a8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
37b0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b0
37b8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b8
37c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
37c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
37d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
37d8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
37e0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
37e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
37f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
37f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3800 : 70 40 40 40 40 40 40 40  30
3808 : 40 40 40 40 40 40 40 40  08
3810 : 40 40 40 40 40 40 40 40  10
3818 : 40 40 40 40 40 40 40 40  18
3820 : 40 40 40 40 40 40 40 6e  7c
3828 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  c9
3830 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  2f
3838 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  37
3840 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  3f
3848 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  8b
3850 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  f1
3858 : a0 a0 a0 a0 a0 81 95 93  18
3860 : 97 81 88 8c 8d 85 8e 95  d6
3868 : 85 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  4c
3870 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  b3
3878 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  19
3880 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  7f
3888 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  87
3890 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  8f
3898 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  db
38a0 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  cb
38a8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  a8
38b0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b0
38b8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b8
38c0 : 40 40 40 40 40 40 40 73  26
38c8 : 42 93 94 85 83 8b 90 8c  9a
38d0 : 81 94 9a a0 a0 a0 a0 a0  29
38d8 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  d7
38e0 : 89 8e 88 81 8c 94 a0 a0  34
38e8 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  2b
38f0 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  1b
38f8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  f8
3900 : 40 40 40 40 40 40 40 40  00
3908 : 40 40 40 40 40 40 40 40  08
3910 : 40 40 40 40 40 40 40 73  76
3918 : 42 20 20 20 20 31 20 20  c3
3920 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3928 : 20 20 20 20 20 20 20 20  28
3930 : 20 20 20 20 20 20 20 20  30
3938 : 20 20 20 20 20 20 20 42  7d
3940 : 42 20 20 20 20 32 20 20  f3
3948 : 20 20 20 20 20 20 20 20  48
3950 : 20 20 20 20 20 20 20 20  50
3958 : 20 20 20 20 20 20 20 20  58
3960 : 20 20 20 20 20 20 20 42  a5
3968 : 42 20 20 20 20 33 20 20  23
3970 : 20 20 20 20 20 20 20 20  70
3978 : 20 20 20 20 20 20 20 20  78
3980 : 20 20 20 20 20 20 20 20  80
3988 : 20 20 20 20 20 20 20 42  cd
3990 : 42 20 20 20 20 34 20 20  53
3998 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
39a0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a0
39a8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
39b0 : 20 20 20 20 20 20 20 42  f5
39b8 : 42 20 20 20 20 35 20 20  83
39c0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
39c8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
39d0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
39d8 : 20 20 20 20 20 20 20 42  1d
39e0 : 42 20 20 20 20 36 20 20  b3
39e8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
39f0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f0
39f8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3a00 : 20 20 20 20 20 20 20 42  45
3a08 : 42 20 20 20 20 37 20 20  e3
```

```
3a10 : 20 20 20 20 20 20 20 20  10
3a18 : 20 20 20 20 20 20 20 20  18
3a20 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3a28 : 20 20 20 20 20 20 20 42  6d
3a30 : 42 20 20 20 20 38 20 20  13
3a38 : 20 20 20 20 20 20 20 20  38
3a40 : 20 20 20 20 20 20 20 20  40
3a48 : 20 20 20 20 20 20 20 20  48
3a50 : 20 20 20 20 20 20 20 42  95
3a58 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  83
3a60 : 40 40 40 40 40 40 40 40  60
3a68 : 40 40 40 40 40 40 40 40  68
3a70 : 40 40 40 40 40 40 40 40  70
3a78 : 40 40 40 40 40 40 40 73  de
3a80 : 42 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  21
3a88 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 86 95  09
3a90 : 8e 8b 94 89 8f 8e 85 8e  db
3a98 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  97
3aa0 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 42  e3
3aa8 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  d3
3ab0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b0
3ab8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b8
3ac0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  c0
3ac8 : 40 40 40 40 40 40 40 73  2e
3ad0 : 42 79 79 79 79 79 79 79  99
3ad8 : 79 79 79 79 79 79 79 79  d8
3ae0 : 79 79 79 79 79 79 79 79  e0
3ae8 : 79 79 79 79 79 79 79 79  e8
3af0 : 79 79 79 79 79 79 79 42  81
3af8 : 42 94 81 93 94 85 a0 b1  b2
3b00 : ad b8 a0 a0 a0 a0 a0 a0  18
3b08 : a0 a0 a0 ad be a0 85 90  fe
3b10 : 92 8f 8d a0 85 89 8e 93  e7
3b18 : 83 88 81 8c 94 85 8e 42  05
3b20 : 42 94 81 93 94 85 a0 b1  da
3b28 : ad b8 a0 ab a0 93 88 89  ab
3b30 : 86 94 a0 ad be a0 85 90  06
3b38 : 92 8f 8d a0 ab a0 92 85  1e
3b40 : 93 85 94 a0 a0 a0 a0 42  e5
3b48 : 42 94 81 93 94 85 a0 b0  00
3b50 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  4f
3b58 : a0 a0 a0 ad be a0 8b 81  48
3b60 : 92 94 85 a0 81 95 93 93  ec
3b68 : 83 88 81 8c 94 85 8e 42  55
3b70 : 42 78 78 78 78 78 78 78  3a
3b78 : 78 78 78 78 78 78 78 78  78
3b80 : 78 78 78 78 78 78 78 78  80
3b88 : 78 78 78 78 78 78 78 78  88
3b90 : 78 78 78 78 78 78 78 42  23
3b98 : 6d 40 40 40 40 40 40 40  c5
3ba0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  a0
3ba8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  a8
3bb0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b0
3bb8 : 40 40 40 40 40 40 40 7d  32
3bc0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
3bc8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
3bd0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
3bd8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
3be0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
3be8 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e8
3bf0 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f0
3bf8 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f8
3c00 : 70 40 40 40 40 40 40 40  30
3c08 : 40 40 40 40 40 40 40 40  08
3c10 : 40 40 40 40 40 40 40 40  10
3c18 : 40 40 40 40 40 40 40 40  18
3c20 : 40 40 40 40 40 40 40 6e  7c
3c28 : 5d a0 a0 88 81 95 90 94  3f
3c30 : 8d 85 8e 95 85 a0 81 87  49
3c38 : 85 a0 b2 b8 b8 a0 8b 82  95
3c40 : 99 94 85 a0 85 90 92 8f  df
3c48 : 8d 8b 81 92 94 85 a0 5d  00
3c50 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  0c
3c58 : 8b 81 92 94 85 8e 89 8e  eb
3c60 : 88 81 8c 94 93 96 85 92  88
3c68 : 9a 85 89 83 88 8e 89 93  e2
3c70 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  e9
3c78 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  a3
3c80 : 40 40 40 40 40 40 40 40  80
3c88 : 40 40 40 72 72 40 40 40  f1
3c90 : 40 40 40 40 40 40 40 40  90
3c98 : 40 40 40 40 40 40 40 73  fe
3ca0 : 5d 01 2e 20 20 20 20 20  d1
3ca8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
3cb0 : 20 20 20 5d 5d 0b 2e 20  bb
3cb8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b8
3cc0 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  3b
3cc8 : 5d 02 2e 20 20 20 20 20  7a
3cd0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
3cd8 : 20 20 20 5d 5d 0c 2e 20  eb
3ce0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
3ce8 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  63
3cf0 : 5d 03 2e 20 20 20 20 20  22
3cf8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3d00 : 20 20 20 5d 5d 0d 2e 20  1b
3d08 : 20 20 20 20 20 20 20 20  08
3d10 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  8b
```

```
3d18 : 5d 04 2e 20 20 20 20 20  cb
3d20 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3d28 : 20 20 20 5d 5d 0e 2e 20  4b
3d30 : 20 20 20 20 20 20 20 20  30
3d38 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  b3
3d40 : 5d 05 2e 20 20 20 20 20  73
3d48 : 20 20 20 20 20 20 20 20  48
3d50 : 20 20 20 5d 5d 0f 2e 20  7b
3d58 : 20 20 20 20 20 20 20 20  58
3d60 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  db
3d68 : 5d 06 2e 20 20 20 20 20  1c
3d70 : 20 20 20 20 20 20 20 20  70
3d78 : 20 20 20 5d 5d 10 2e 20  ab
3d80 : 20 20 20 20 20 20 20 20  80
3d88 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  03
3d90 : 5d 07 2e 20 20 20 20 20  c4
3d98 : 20 20 20 20 20 20 20 20  98
3da0 : 20 20 20 5d 5d 11 2e 20  db
3da8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a8
3db0 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  2b
3db8 : 5d 08 2e 20 20 20 20 20  6d
3dc0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
3dc8 : 20 20 20 5d 5d 12 2e 20  0b
3dd0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
3dd8 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  53
3de0 : 5d 09 2e 20 20 20 20 20  15
3de8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e8
3df0 : 20 20 20 5d 5d 13 2e 20  3c
3df8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f8
3e00 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  7b
3e08 : 5d 0a 2e 20 20 20 20 20  be
3e10 : 20 20 20 20 20 20 20 20  10
3e18 : 20 20 20 5d 5d 14 2e 20  6c
3e20 : 20 20 20 20 20 20 20 20  20
3e28 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  a3
3e30 : 6b 40 40 40 40 40 40 40  5b
3e38 : 40 40 40 40 40 40 40 40  38
3e40 : 40 40 40 71 71 40 40 40  79
3e48 : 40 40 40 40 40 40 40 40  48
3e50 : 40 40 40 40 40 40 40 73  b6
3e58 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  14
3e60 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  5f
3e68 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  67
3e70 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  6f
3e78 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  f1
3e80 : 5d a0 a0 a0 94 81 93 94  36
3e88 : 85 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  6c
3e90 : a0 a0 a0 a0 a0 86 95 8e  6e
3e98 : 8b 94 89 8f 8e a0 a0 a0  73
3ea0 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  19
3ea8 : 5d c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0  44
3eb0 : c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0  af
3eb8 : c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0  b7
3ec0 : c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0  bf
3ec8 : c0 c0 c0 c0 c0 c0 c0 5d  00
3ed0 : 5d a0 a0 a0 a0 81 ad 94  af
3ed8 : a0 a0 a0 ad be a0 a0 a0  5b
3ee0 : 90 92 8f 87 92 81 8d 8d  15
3ee8 : a0 8c 81 84 85 8e a0 a0  50
3ef0 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  69
3ef8 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 9e a0  ac
3f00 : a0 a0 a0 ad be a0 a0 a0  83
3f08 : 8e 81 85 83 88 93 94 85  ab
3f10 : a0 93 85 89 94 85 a0 89  17
3f18 : 8e 88 81 8c 94 a0 a0 5d  68
3f20 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 b2 a0  25
3f28 : a0 a0 a0 ad be a0 a0 a0  ab
3f30 : 8d 85 8e 95 85 a0 b2 a0  3f
3f38 : 81 8e 97 81 85 88 8c 85  f0
3f40 : 8e a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  a7
3f48 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 b3 a0  51
3f50 : a0 a0 a0 ad be a0 a0 a0  d3
3f58 : 8d 85 8e 95 85 a0 b3 a0  6b
3f60 : 81 8e 97 81 85 88 8c 85  18
3f68 : 8e a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  cf
3f70 : 5d a0 a0 a0 a0 a0 aa a0  54
3f78 : a0 a0 a0 ad be a0 a0 a0  fb
3f80 : 8d 8f 84 95 8c 87 85 8e  e1
3f88 : 85 92 81 94 8f 92 a0 a0  9b
3f90 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 5d  09
3f98 : 6d 40 40 40 40 40 40 40  c5
3fa0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  a0
3fa8 : 40 40 40 40 40 40 40 40  a8
3fb0 : 40 40 40 40 40 40 40 40  b0
3fb8 : 40 40 40 40 40 40 40 7d  32
3fc0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c0
3fc8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c8
3fd0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d0
3fd8 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d8
3fe0 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e0
3fe8 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e8
3ff0 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f0
3ff8 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f8
```

Listing des Steuerprogramms für die EPROM-Karte (Schluß)

Verjüngungskur für Joysticks

Nicht jeder Joystick mit Federkontakten muß wegen gebrochener Schalter weggeworfen werden. Man kann ihn auch wieder »verjüngen«.

Viele der heutzutage auf dem Markt angebotenen Josticks arbeiten mit der Metallzungen-Technik. Das heißt, daß die Kontakte mit dünnen Blechstreifen überbrückt werden. Diese Technik hat allerdings den Nachteil des schnellen Verschleißes. Die Lebensdauer der Joysticks beträgt bei starker Beanspruchung nur einige Monate. Deshalb bieten wir Ihnen eine Umbauanleitung an, mit der Sie mit geringen Kosten Ihren Joystick mit Folien- oder Federkontakten (zum Beispiel Quickshot oder Commodore) zu längerem Leben verhelfen.

Den Umbau kann jeder ausführen, der sich im Umgang mit einem Lötkolben auskennt. Dazu sind nur fünf Mikroschalter mit etwa den Abmessungen 14x20x6 Millimeter erforderlich. Erhältlich sind diese Schaltkontakte für etwa 1,50 Mark in so gut wie jedem Elektronik-Shop. Bild 1 zeigt Ihnen, wie so ein Mikroschalter aussehen sollte und über welche Kontakte er verfügen muß.

Der Umbau

Nach dem Öffnen des Joysticks (normalerweise vier Schrauben) wird die Platine abgenommen und die Kabel entfernt (merken Sie sich die Lage und Farbe der Kabel). Bei einem Commodore-Joystick sind die Kabel meist angelötet.

Im nächsten Schritt löten Sie die Kabel der Farbe entsprechend an die fünf Mikroschalter (Bild 2). Dabei wird die schwarze Leitung als durchgehender Draht an alle Mittelkontakte der Schalter gelötet.

Anschließend ziehen Sie den Innenhebel (bei Commodore) aus dem Griff. Beim Quickshot müssen die Griffschalen abgenommen werden (drei Schrauben).

Nun müssen die Schalter an entsprechender Stelle mit dem Gehäuseboden verklebt werden (Bild 3). Dazu eignen sich Klebepistolen oder beliebige Kontaktkleber. Bevor der Kleber trocknet, ist der Schalter auszurichten. Dazu nimmt man den Innenhebel (Commodore) und steckt ihn mit der Ausbuchtung auf den Gelenkhebel, der aus dem Gehäuseboden herausragt. Dort sitzt er im zusammengebauten Zustand auch.

Richten Sie nun die Schalter so aus, daß die Noppen (an der Unterseite des Auflageringes vom Joystick-Hebel) genau über dem Auslöser des Mikroschalters stehen (Bild 4).

Beim Feuerknopf wird in der roten Kappe der herausragende Pin so weit gekürzt, daß er mit dem Rand der Kappe eine Ebene bildet. Der Pin kann auch ganz abgebrochen und die Kappe mit Klebstoff ausgefüllt werden. Die Feuerknopf-Druckfeder läßt sich ebenfalls mit einkleben (etwa einen Zentimeter überstehen lassen). Das untere Ende muß über den Auslöser des Schalters passen (notfalls etwas aufbiegen).

Wurde eine Heißklebepistole verwendet, ist der Klebstoff nach zwei Minuten trocken. Vor dem Zuschrauben sollte noch eine Funktionskontrolle vorgenommen werden. Am Computer angeschlossen, lassen sich nun die einzelnen Kontakte überprüfen. Nach bestandener Kontrolle schließen und verschrauben Sie das Gehäuse wieder.

Der Schaltweg des Hebels ist jetzt viel geringer als vorher, was ein präziseres Arbeiten ermöglicht. Sollte der Weg zu kurz sein, kann durch Kürzen der Noppen, die die Schalter berühren, der Weg verlängert werden.

(Markus Jeschke/dm)

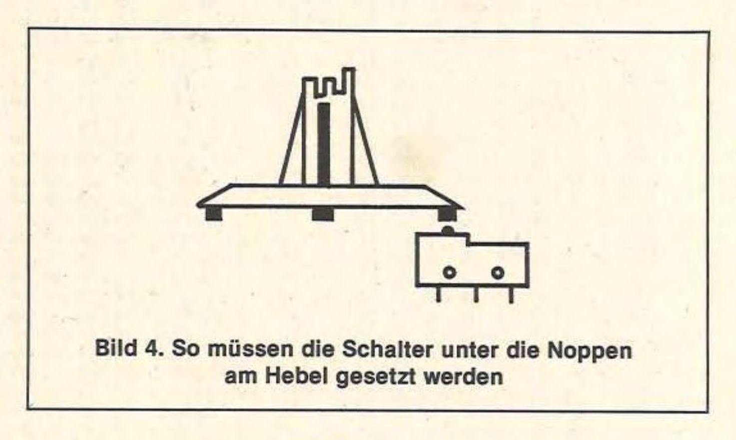


Bild 4. So müssen die Schalter unter die Noppen am Hebel gesetzt werden

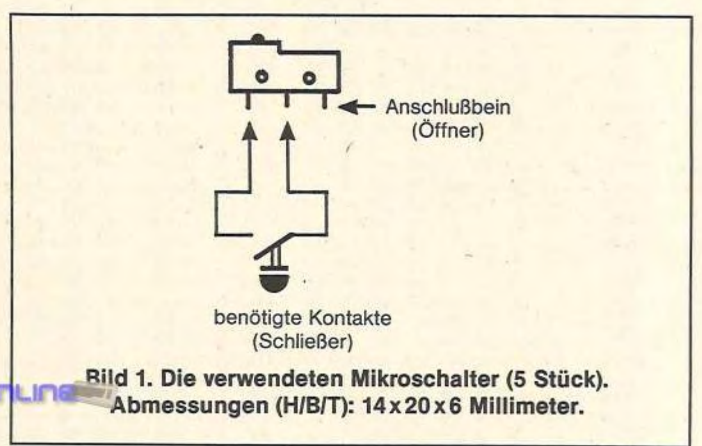


Bild 1. Die verwendeten Mikroschalter (5 Stück). Abmessungen (H/B/T): 14x20x6 Millimeter.

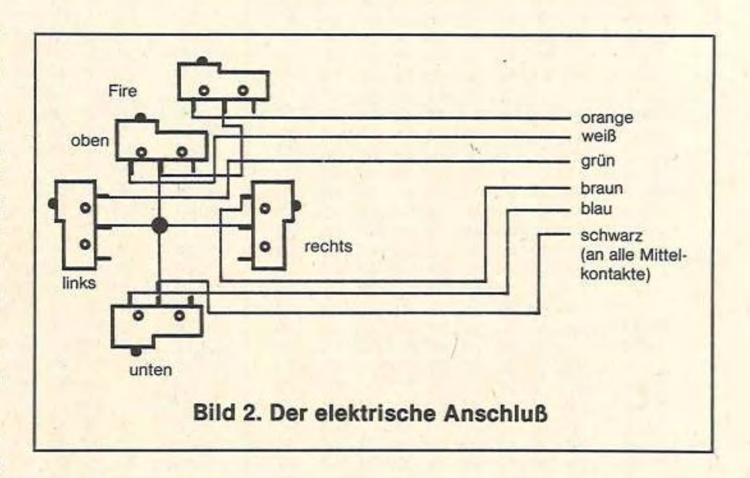


Bild 2. Der elektrische Anschluß

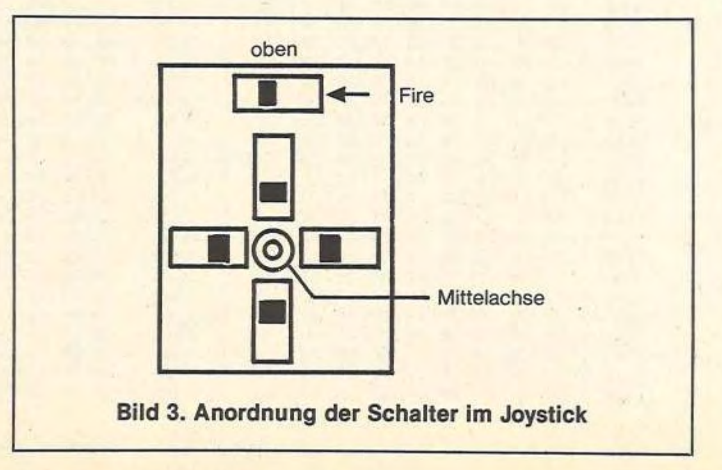


Bild 3. Anordnung der Schalter im Joystick

Mehrere Diskettenlaufwerke – kein Problem!

Irgendwann hegt jeder Computeranwender einmal den Gedanken, sich ein zweites Diskettenlaufwerk für seinen Computer anzuschaffen. Was bei dem Anschluß dieses Laufwerks jedoch zu beachten ist, das verrät der folgende Artikel.

Schließen Sie an Ihren C 64 oder C 128 ein Diskettenlaufwerk an, so wird das (bei Commodore-Computern) in der Regel mit der Gerätenummer 8 angesprochen. LOAD "$", 8 lädt also zum Beispiel das Directory von der Floppy-Station mit der Nummer 8. Das alles stellt noch kein Problem dar, da die Laufwerke von Commodore (1541, 1551, 1570 und 1571) ab Werk mit der Nummer 8 ausgeliefert werden.

Komplizierter wird die ganze Sache, wenn Sie sich ein zweites Diskettenlaufwerk anschaffen. Hängt das nämlich auch mit der Gerätenummer 8 an Ihrem Computer, so kommt es bei einem Zugriff des Computers zu Komplikationen, weil sich dann beide angeschlossenen Floppy-Stationen angesprochen fühlen.

Abhilfe schafft hier das Ändern der Geräteadresse des zweiten Laufwerks. Bei der 1541 müssen Sie das Gehäuse öffnen (Garantie!), um eine Umstellung vornehmen zu können. Im Prinzip ist eine Umstellung zwar auch per Software möglich. Diese wird aber bei jedem Ausschalten oder Reset der Floppy-Station wieder zunichte gemacht. Eine hardwaremäßige Änderung ist also wünschenswert.

Betrachten Sie einmal Bild 1. Hier sehen Sie die Platine einer 1541, wobei eine Stelle ganz besonders markiert ist. An dieser Stelle befinden sich zwei Lötbrücken (englisch: jumper). Diese Lötbrücken haben die Form von jeweils zwei gegenüberliegenden Halbmonden, die durch einen schmalen Steg miteinander verbunden sind. Trennen Sie nun diese Stege durch, so ändern Sie damit die Geräteadresse Ihrer Floppy-Station. Dabei gilt:

Steg 1 zu, Steg 2 zu : Adresse 8 (Standardeinstellung)
Steg 1 auf, Steg 2 zu : Adresse 9
Steg 1 zu, Steg 2 auf : Adresse 10
Steg 1 auf, Steg 2 auf : Adresse 11

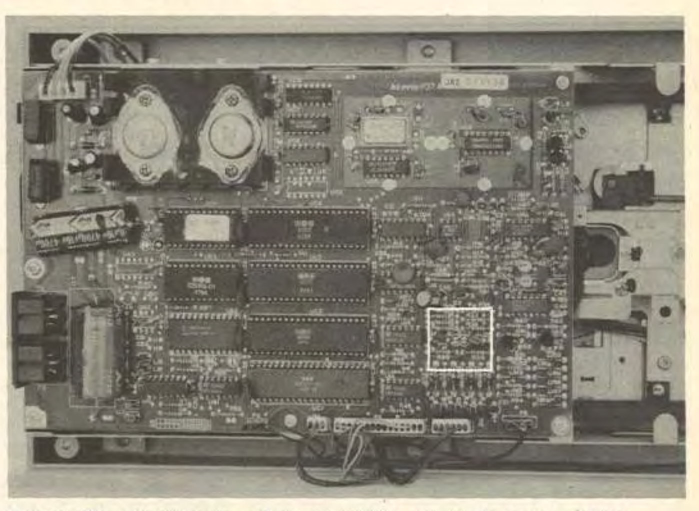
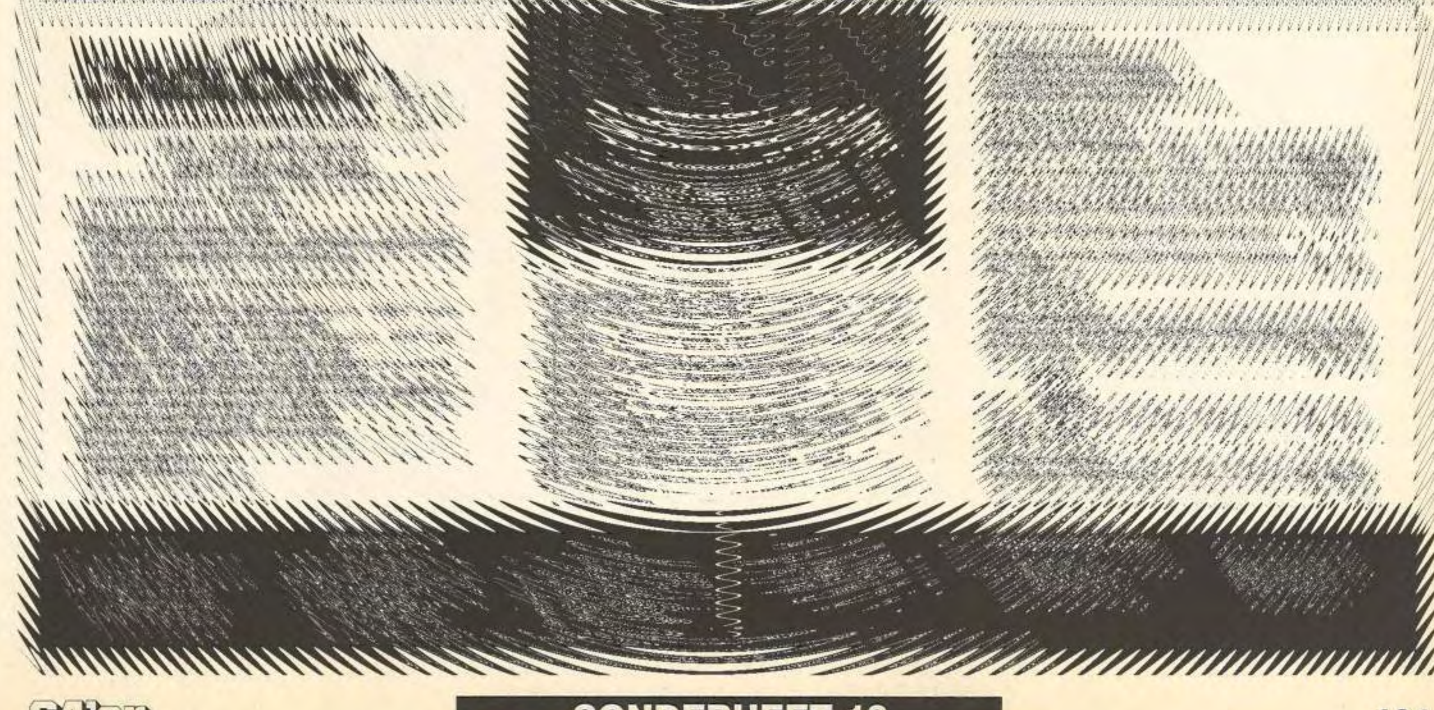


Bild 1. Die Platine der 1541. Deutlich sind die beiden Lötbrücken zu erkennen.

Am günstigsten ist es, Steg 1 zu durchtrennen (am besten mit einem Messer) und an den beiden – nun unterbrochenen Kontakten jeweils einen Draht anzulöten. Diese beiden Drähte werden nun durch einen einfachen Ein/Aus-Schalter verbunden, wobei Sie dann die Geräteadresse der Floppy-Station in Zukunft wahlweise mit dem Schalter zwischen 8 und 9 umschalten können. Dabei ist die Umschaltung aber immer im ausgeschalteten Zustand des Laufwerks vorzunehmen, da die neue Geräteadresse nur durch einen Reset, beziehungsweise das Einschalten, von der Floppy-Station erkannt und übernommen wird. Ein Einstellen der Geräteadresse 8 ist nachträglich immer wieder möglich, indem die aufgetrennte Brücke einfach wieder hergestellt wird. (ks)



Der elektronische Diskettenlocher

Gehören auch Sie zu den Anwendern, die einseitige Disketten doppelseitig verwenden? Mit der hier vorgestellten Schaltung für die Floppy 1541 erübrigt sich das Anbringen einer zweiten Schreibschutzkerbe an der Diskette.

Findige Leute haben schon vor längerer Zeit herausgefunden, daß man auf einseitigen Disketten ohne weiteres auch die Rückseite beschreiben kann. Aber auch, wenn man doppelseitige Disketten auf der Floppy 1541 nutzen will, muß man eine zweite Schreibschutzkerbe anbringen. Im Handel gibt es dafür zwar spezielle Diskettenlocher, aber sparsame Leute bringen Ihre Kerben mit einem normalen Bürolocher an der Diskette an. Da es immer eine ziemliche Fummelei ist, bis man die richtige Stellung für die Kerbe erwischt hat, habe ich mir überlegt, daß es auch möglich sein muß, die Kerbe sozusagen elektronisch anzubringen. Schauen wir uns dazu einmal an, welche Funktion die Kerbe in der Floppy-Station auslöst.

Im Diskettenschacht ist an der linken Seite eine Lichtschranke eingebaut. Solange sich keine Diskette oder eine Diskette mit Kerbe im Laufwerk befindet, wird der Fototransistor in der Lichtschranke von einer Leuchtdiode beleuchtet. Der Transistor schaltet deshalb durch und legt den dafür zuständigen Eingang des Controllers auf Massepotential oder logisch »0«. Bei nichtvorhandener Kerbe wird der Fototransistor demnach nicht beleuchtet, er schaltet nicht durch und über den 100 kΩ-Widerstand wird der Eingang des Controllers auf 5 Volt oder logisch »1« gelegt. Der Floppy-Controller merkt dadurch, daß diese Diskette nicht beschrieben werden darf.

Sie werden jetzt sicher schon erkannt haben, daß zur Lösung unseres Problems ein einfacher Schalter prinzipiell ausreicht. Leider hat die Lösung mit dem Schalter viele Nachteile. Zum Beispiel erkennt die Floppy-Station nicht mehr, ob die Diskette gewechselt wurde und sie initialisiert die neu eingeschobene Diskette nicht. Außerdem kann man leicht vergessen, den Schalter für eine Diskette, die nicht beschrieben werden darf, wieder umzustellen, und ein Datenverlust ist vielleicht die Folge. Was wir brauchen, ist eine Schaltung, die mitdenkt. Sie muß erstens dem Controller jeden Diskettenwechsel mitteilen und bei Diskettenwechsel dafür sorgen, daß der Schreibschutzzustand wiederhergestellt wird. Eine geeignete Schaltung dafür sehen Sie in Bild 1.

Die Funktionsweise dieser Schaltung ist sehr einfach. In

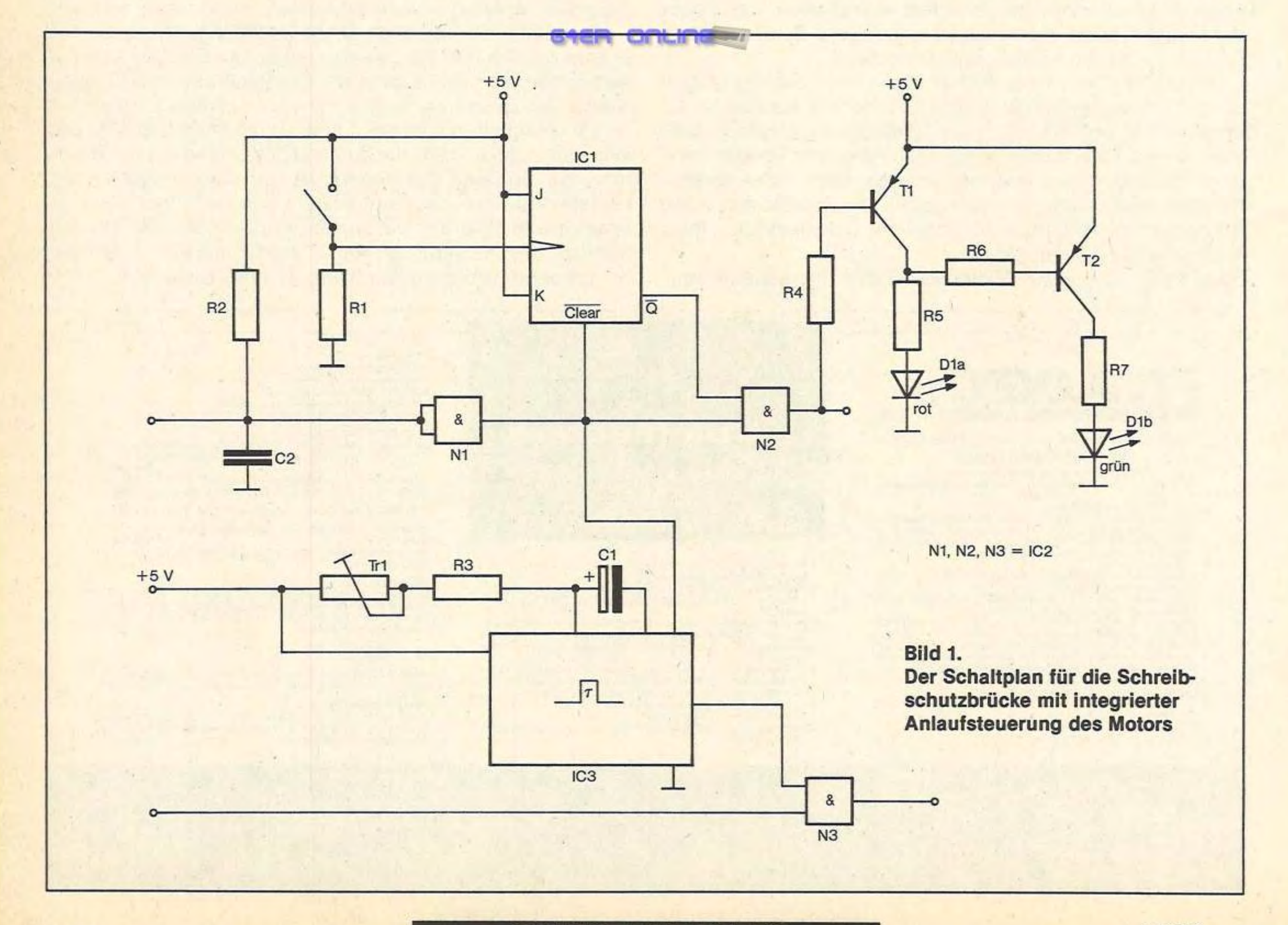


Bild 1. Der Schaltplan für die Schreibschutzbrücke mit integrierter Anlaufsteuerung des Motors

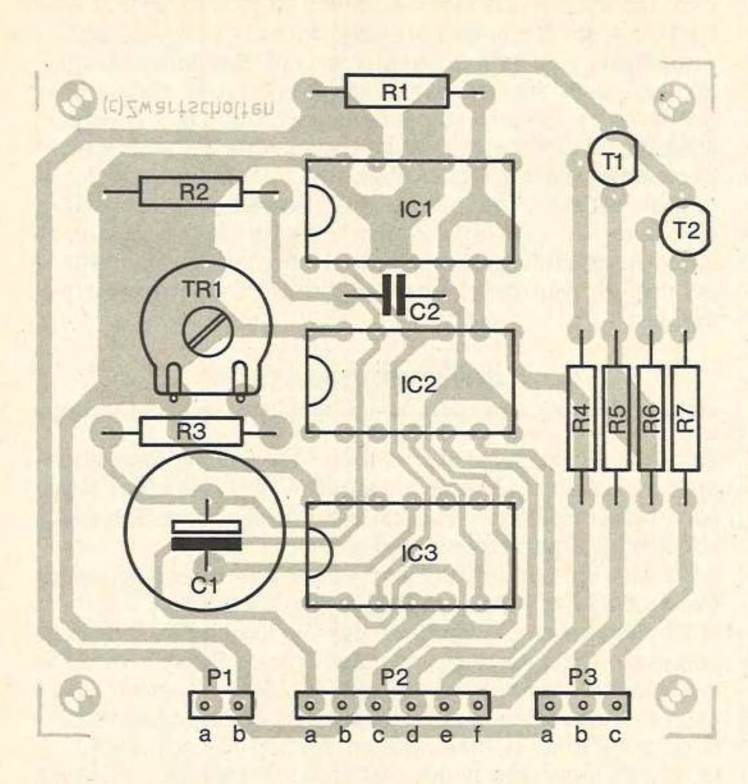


Bild 3. Der Bestückungsplan. Bitte achten Sie auf die richtige Polung der Bauteile.

die Leitung vom Fototransistor zur Floppy-Platine wird ein UND-Gatter geschaltet. Der andere Eingang des UND-Gatters wird an den Ausgang eines Flip-Flop gelegt. Am Ausgang des UND-Gatters liegt immer dann logisch »0« an, wenn an einem der beiden Eingänge »0« anliegt. Da das Flip-Flop so beschaltet ist, daß sein Ausgang normalerweise immer »1« ist, wird der Zustand der Lichtschranke wie gewohnt an den Controller übergeben. Befindet sich jetzt zum Beispiel eine Diskette ohne Kerbe im Laufwerk, dann liegt der Ausgang des UND-Gatters auf »1«. Die Diskette ist also schreibgeschützt. Wenn wir den Schreibschutz jetzt aufheben wollen, müssen wir dafür sorgen, daß ein Eingang des UND-Gatters auf »0« liegt. Der dafür in Frage kommende Eingang ist der, der mit dem Flip-Flop verbunden ist. Wir müssen also nur das Flip-Flop dazu bewegen, seinen Ausgangszustand zu ändern. Das ist bei dem verwendeten J-K-Flip-Flop durch eine »0-1«-Flanke am Takteingang möglich. Ein J-K-Flip-Flop hat die Eigenschaft, daß bei einer »1« am J- und K-Eingang die Ausgänge bei jeder »0-1«-Flanke am Takteingang ihren Ausgangszustand invertieren. Diese »0-1«-Flanke wird von uns durch einen Taster erzeugt. Durch Betätigen dieses Tasters können wir jetzt den Schreibschutz einer Diskette aufheben und auch wieder herstellen. Damit das Flip-Flop beim Wechsel der Diskette automatisch wieder eine »1« am Ausgang hat, verbinden wir den Clear-Eingang des Flip-Flop mit der Lichtschranke. Sobald die Diskette aus dem Laufwerk genommen wird, nimmt das Flip-Flop, durch die jetzt anliegende »0« am Clear-Eingang, seine Grundeinstellung wieder ein. Der Kondensator, der parallel zum Fototransistor geschaltet ist, sorgt dafür, daß beim Einschalten der Floppy-Station mit halbeingelegter Diskette ein definierter Ausgangszustand am Flip-Flop erreicht wird.

Floppy-Platine

P4 P5 P6 P7

orange (Fototransistor) –
orange (Floppy-Motor) –
blau GND
rot +5V

Taster

P3 P2 P1

an diesen Stellen Kabel auftrennen

Platine
elektronischer Disklocher

Bild 2. So wird die Elektronik an die Floppy-Platine angeschlossen

Der Zustand der Schaltung muß uns in irgendeiner Form signalisiert werden. Dazu sind an den Ausgang der Schaltung zwei Leuchtdioden geschaltet. Die LED 1 leuchtet immer dann, wenn der Schreibschutz aufgehoben ist. Bei aktivem Schreibschutz leuchtet entsprechend die LED 2. Es ist sinnvoll, für die Anzeige eine Zweifarben-LED zu verwenden und diese anstelle der grünen Leuchtdiode in der Floppy-Station einzusetzen. Mein Vorschlag: Nehmen Sie für den aufgehobenen Schreibschutz die Farbe rot, das heißt dann soviel wie Achtung, aufpassen, die Diskette ist nicht mehr geschützt. Grün für Schreibschutz heißt dann, es ist alles in Ordnung, die Daten auf der Diskette können nicht unbeabsichtigt gelöscht werden. Da auf der Platine noch Platz ist und auch zwei UND-Gatter aus dem Baustein IC2 nicht benötigt wurden, können wir noch eine zweite nützliche Schaltung mit aufbauen. Diese Schaltung sorgt für einen kurzzeitigen Anlauf des Laufwerksmotors beim Einlegen einer Diskette. Die Diskette wird dadurch besser zentriert.

Der Laufwerksmotor wird immer dann eingeschaltet, wenn die Motorplatine ein »0«-Signal erhält. Dies können wir uns zunutze machen, indem wir ein zeitlich begrenztes »0«-Signal über ein UND-Gatter in die Leitung zur Motorplatine einschleifen. Erzeugt wird das Signal von einem Monoflop. Dieses Bauteil erzeugt immer dann einen kurzen Taktimpuls, wenn an seinem Eingang eine »1-0«-Flanke auftritt. Die Dauer des Impulses kann durch eine Beschaltung, die aus einem Widerstand und einem Kondensator besteht, eingestellt werden. Das hier verwendete Monoflop ist nachtriggerbar, das heißt, daß die Dauer des Ausgangsimpulses von der letzten »1-0«-Flanke am Eingang bestimmt wird. Dadurch ist sichergestellt, daß der Laufwerksmotor auch bei einem sehr schnellen Diskettenwechsel genügend lange läuft. Das normale Signal für den Motor wird von unserer Schaltung nicht beeinflußt, da beide Signale über ein UND-Gatter zusammengefügt werden. Wie bei unserer Schreibschutzschaltung wird eine »0«, egal an welchem Eingang sie anliegt, immer durchgeschaltet. Damit der Motor immer bei Diskettenwechsel anläuft, wird das Monoflop von der Lichtschranke getriggert.

Stückliste:					
R1	=	1 kΩ	C1	=	22 µF oder 47 µF/10 V
R2	=	100 kΩ	C2	=	10nf MKT
R3	=	22 kΩ	T1	=	BC 557
R4	=	15 kΩ	T2	=	BC 557
R5	=	180 Ω	IC1	=	7470
R6	=	15 kΩ	IC2	=	7408
R7	=	220 Ω	IC3	=	74122
Tr1	=	25 kΩ	D1a,b	=	Duo LED (rot/grün)

Tabelle 1. Benötigte Bauteile der Schreibschutzschaltung

Aufbauhinweise

Zum Aufbau der Schaltung können Sie eine nach dem abgedruckten Layout (siehe Layout auf Seite 157) erstellte Platine verwenden. Es ist aber ebenso möglich, die ganze Schaltung auf einer Lochrasterplatte aufzubauen.

Für den Einbau in die Floppy-Station müssen Sie einige Leitungen auftrennen. Welche das sind, zeigt Bild 2.

Die Platine ist so aufgebaut, das Sie für die Ein- und Ausgänge eine Steckerleiste mit zugehörigem Stecker verwenden können. Dadurch brauchen Sie bei einem späteren Ausbau der Platine nichts mehr auslöten. Für die Masseverbindung der Platine nehmen Sie am besten die schwarze Leitung, die ursprünglich für die grüne Floppy-LED benutzt wurde. Ziehen Sie die Leitung mit dem angequetschten Stecker vorsichtig aus dem Gehäuse und drücken Sie sie in die Position 15 des Steckers P6 wieder hinein. Für die integrierten Schaltungen können Sie Standard-TTL- oder LS-Bausteine verwenden. Die Laufdauer des Laufwerksmotors ist mit dem Trimmer P1 einstellbar. Sollten Sie eine längere Laufdauer für sinnvoll halten, dann können Sie den Kondensator C1 auf 470 µF erhöhen. Den Bestückungsplan für die Schreibschutzsteuerung sehen Sie in Bild 3. Die Liste aller Bauteile ist in Tabelle 1 dargestellt.

(H. Zwartscholten/ks)

40 KByte RAM für die 1541

Mit der folgenden Bauanleitung wird Ihre 1541 zum Speicher-Riesen. Die Erweiterung erlaubt es Ihnen, künftig eine Menge an Entwicklungen und Erweiterungen in Ihre Floppy-Station zu integrieren, um noch effektiver arbeiten zu können.

Die Schaltung für die Erweiterung sorgt dafür, daß der große Adreßbereich des Prozessors in der 1541 in Zukunft sinnvoll verwendet werden kann und nicht, wie bisher, nur ein kümmerliches Dasein führt.

Das Betriebssystem der 1541 (DOS) belegt im Speicherbereich die Adressen $C000 bis $FFFF. Die 2 KByte RAM sind von $0000 bis $07FF untergebracht. Unsere RAM-Erweiterung nutzt den freien Platz dazwischen und belegt den Adreßraum von $2000 bis $BFFF in Blöcken zu je 8 KByte (Bild 1). Der Bereich von $8000 bis $BFFF läßt sich dabei in 8-KByte-Blöcken nach $C000 bis $FFFF schalten, wobei die entsprechenden ROMs abgeschaltet werden. Das erlaubt das Einblenden eigener Betriebssysteme anstelle des Original-DOS.

Das Umschalten der Speicherbereiche erfolgt über die Adresse $1E00. Das jeweilige Datenwort an dieser Adresse bestimmt die Speicherkonfiguration im Bereich von $C000 bis $FFFF:

- $00 – ROMs aktiviert (Ausgangszustand)
- $01 – RAM von $8000 bis $9FFF nach $C000 bis $DFFF geschaltet
- $02 – RAM von $A000 bis $BFFF nach $E000 bis $FFFF geschaltet
- $02 – RAM von $8000 bis $BFFF nach $C000 bis $FFFF geschaltet

Die gesamte Schaltung (Bild 2, den Schaltplan sehen Sie in Bild 3) besteht aus zwei Platinen, wobei die kleinere hauptsächlich die Aufgabe hat, durch Adreßdecodierung den richtigen Baustein anzusprechen. Die einzige Ausnahme bildet das IC 74LS00. Es ersetzt eine vorhandene Schaltung, die mit der Adreßdecodierung nicht in Zusammenhang steht.

Die große Platine besteht im wesentlichen aus drei Teilen. Die obere Reihe (6 ICs) ist zuständig für die bereits beschriebene softwaremäßige Bereichsumschaltung. Sie besteht aus logischen Verknüpfungen und dem Speicher- und Steuer-

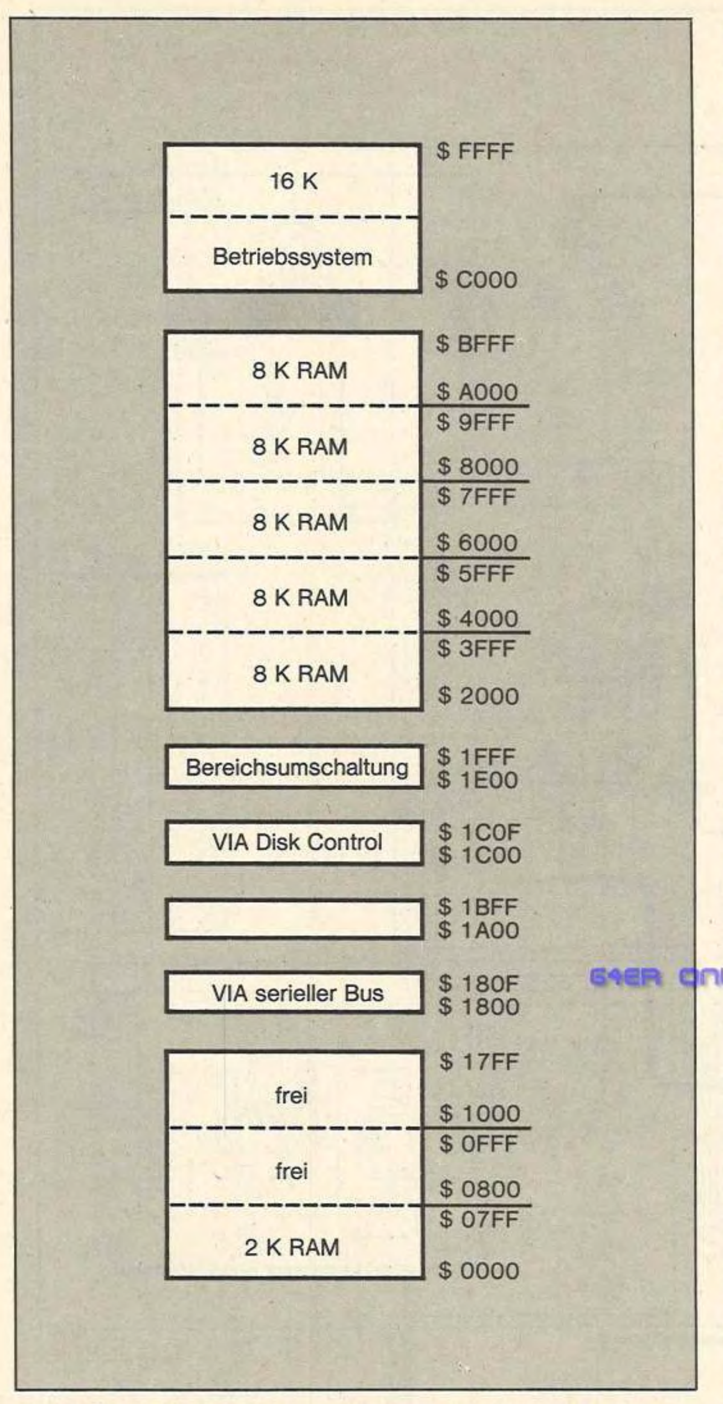


Bild 1. So sieht die Speicheraufteilung der 1541 nach dem Einbau der RAM-Erweiterung aus

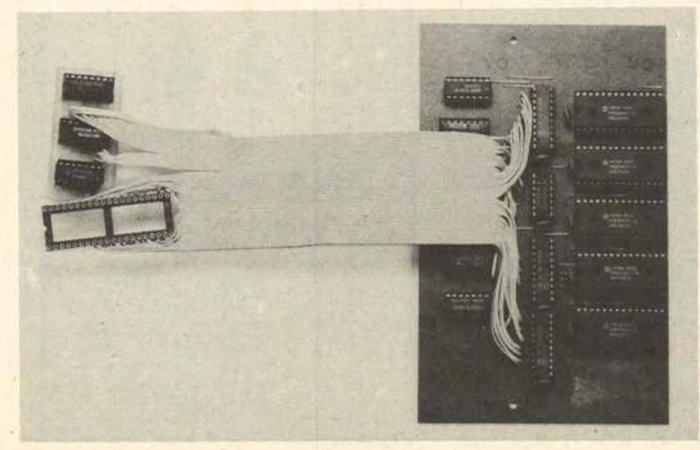


Bild 2. Die fertige Speichererweiterung für die 1541

baustein 74LS378. Dieser wird über die Adresse $1E00 angesprochen. Es kann nur in diese Adresse hineingeschrieben werden. Ein Auslesen des bestehenden Zustands ist nicht möglich. Beim Einschalten der 1541 wird das Register durch den Reset automatisch auf $00 gesetzt. Ein Software-Reset verändert den Inhalt nicht.

Die mittlere Reihe mit den querliegenden ICs auf der Platine ist als Leitungstreiber geschaltet, um den Mikroprozessor nicht zusätzlich durch die Speichererweiterung zu belasten.

Die untere Reihe auf der Platine ist die eigentliche RAM-Erweiterung. Sie besteht aus fünf Steckplätzen für jeweils ein RAM vom Typ 6264. Die Bestückung der einzelnen Sockel ist optional, das heißt, es kann auch nur ein RAM eingesteckt werden, wenn nicht mehrere erforderlich sind. Die Verdrahtung der Platine wurde so gewählt, daß anstelle der RAMs auch EPROMs vom Typ 2764 eingesetzt werden können. Es ist dann möglich, ein eigenes Betriebssystem in der 1541 zu betreiben, das auch nach dem Ausschalten noch erhalten bleibt. Es muß dann nach jedem Einschalten der Floppy-Station lediglich in Adresse $1E00 auf das neue Betriebssystem umgeschaltet werden.

Aufbau der Schaltung

Zuerst müssen drei ICs aus der Floppy-Platine ausgelötet und durch Sockel ersetzt werden (Achtung! Garantieverlust). Es sind die ICs UC5, UC6 und UC7. Sie sind rechts neben dem Prozessor 6502 zu finden. UC6 (74LS00) kann auf der kleinen Platine wieder verwendet werden. UC5 (74LS04) kann auf der großen Platine eingesetzt werden. Zunächst sollte man aber nach dem Einlöten der Sockel die vorhandenen ICs wieder hineinstecken, um auszuprobieren, ob die Arbeit sorgfältig durchgeführt wurde.

War dieser Teil der Arbeit erfolgreich, kann mit dem Bestücken der geätzten Platinen (Layouts auf Seite 155) begonnen werden. Dabei müssen zuerst die Drahtbrücken eingelötet werden, da sie teilweise von Sockeln und anderen Bauteilen überdeckt angeordnet wurden. Den Bestückungsplan für beide Platinen sehen Sie in Bild 4. Die relativ hohe Anzahl an Lötbrücken wurde als Alternative zu einer zweiseitigen Platine in Kauf genommen, was die Herstellungskosten und den Aufwand beim Herstellen der Platinen reduziert.

Damit einzelne ICs bei Bedarf ausgewechselt werden können, empfiehlt sich der Einbau von Sockeln für alle ICs auf den Platinen. Zusätzlich müssen bei der kleinen Platine Stiftleisten auf der Unterseite angebracht werden, damit die Platine in die eingelöteten Sockel auf der Floppyplatine eingesteckt werden kann. Die Funktionsfähigkeit läßt sich dadurch überprüfen, daß man die beiden Lötpunkte 1 und 2 und 3 und 4 jeweils miteinander verbindet, und die Floppy-Station bei eingesteckter kleiner Platine einschaltet. Jetzt muß die 1541 in gewohnter Weise funktionieren.

Herstellen aller Verbindungen

Nachdem beide Platinen bestückt sind, werden die Verbindungen über Flachbandkabel hergestellt. Dazu ist für den Prozessor der 1541 ein 40poliger Sockel mit gedrehten Kontakten zu verwenden. An diesen müssen jetzt die Leitungen mit den gekennzeichneten Punkten angelötet werden. Zu diesem Zweck ist auf dem Bild der Prozessor dargestellt, wobei alle bezeichneten Pins mit den Punkten gleicher Bezeichnung verbunden werden. Die mit »X« gekennzeichneten Pins werden nicht mit der Platine verbunden.

Nach diesen Arbeiten kann die große Platine in der 1541 mit zwei Schrauben in den vorhandenen Winkeln vor der Floppy-Platine befestigt werden. Bohrungen sind schon auf

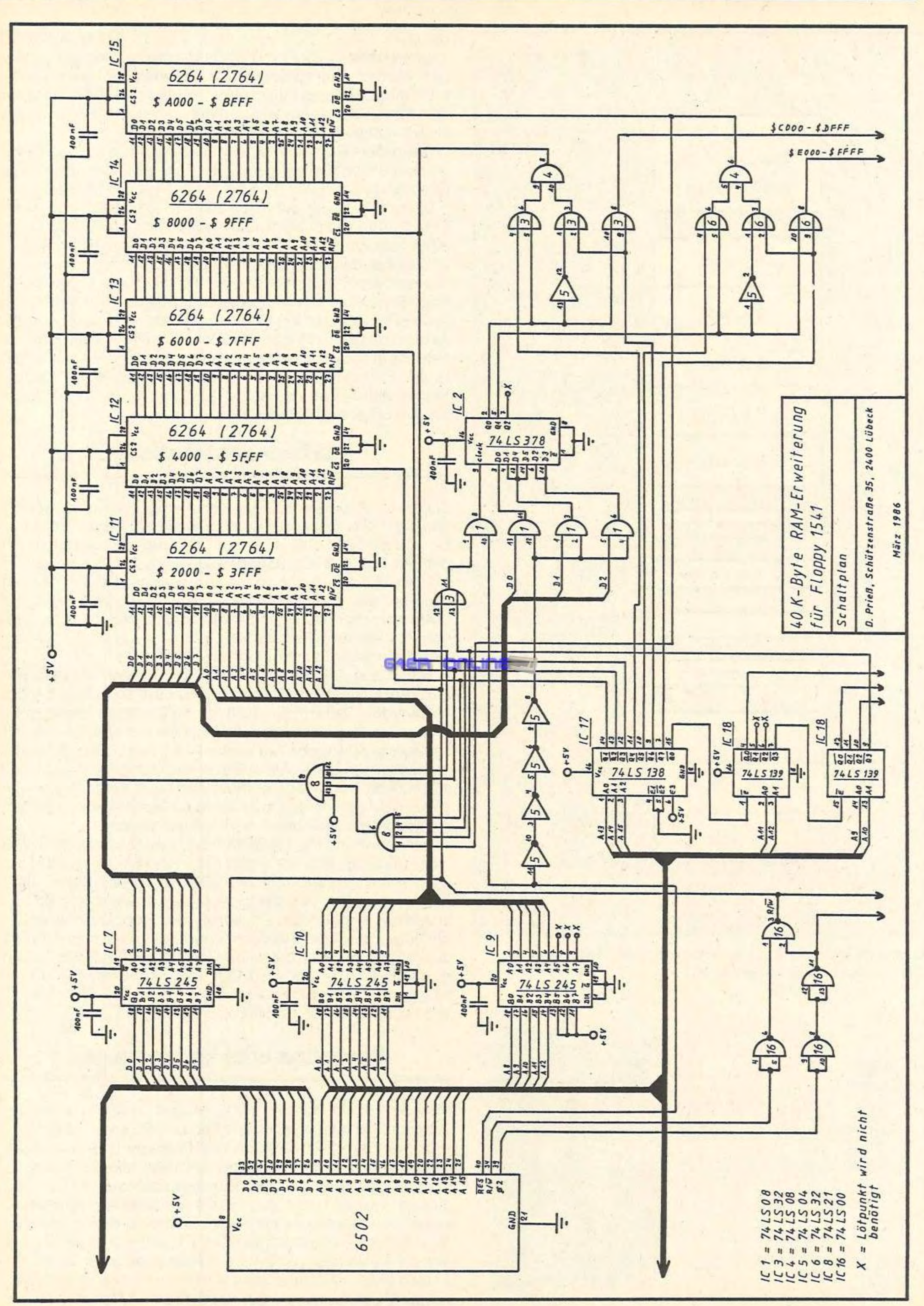


Bild 3. Der Schaltplan für die 40-KByte-RAM-Erweiterung

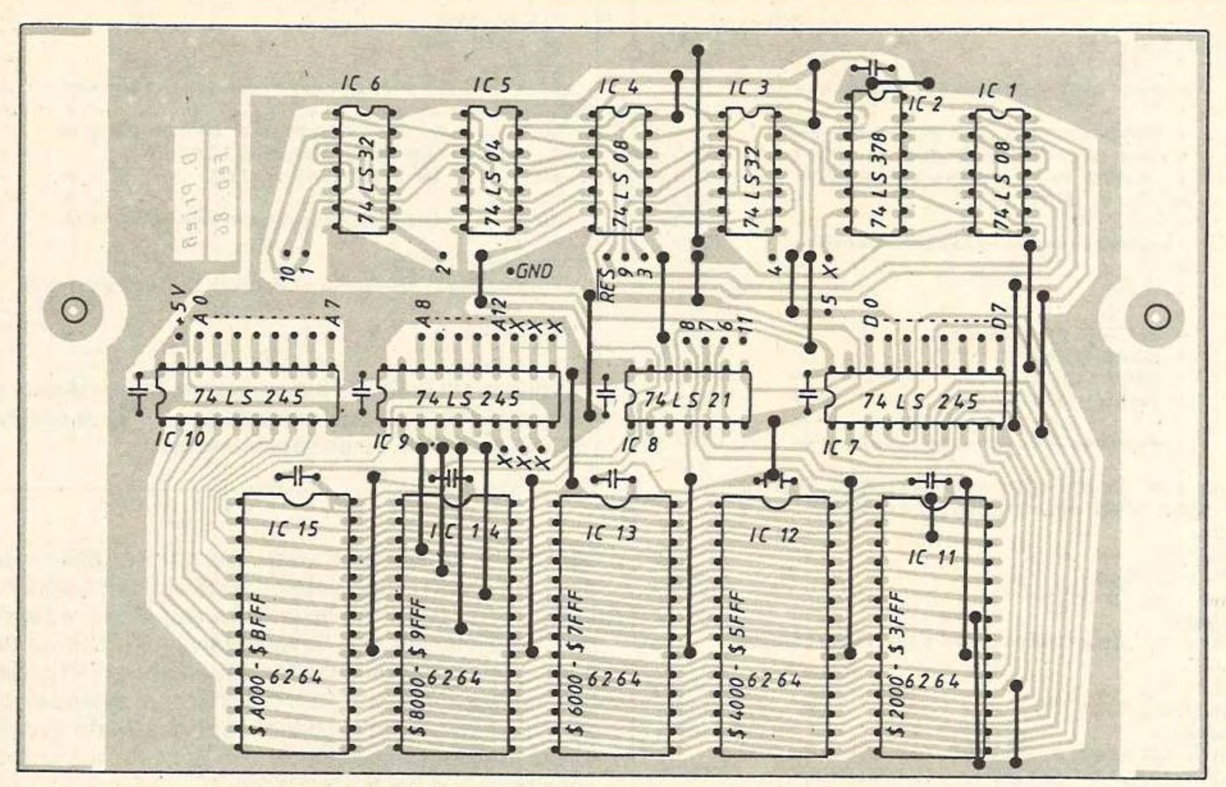
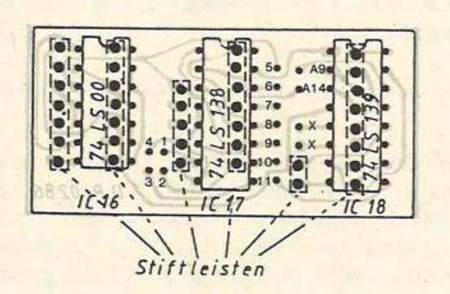
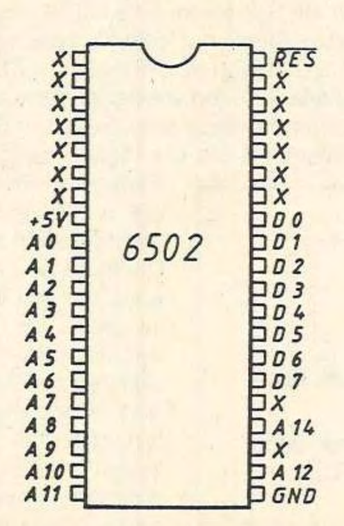
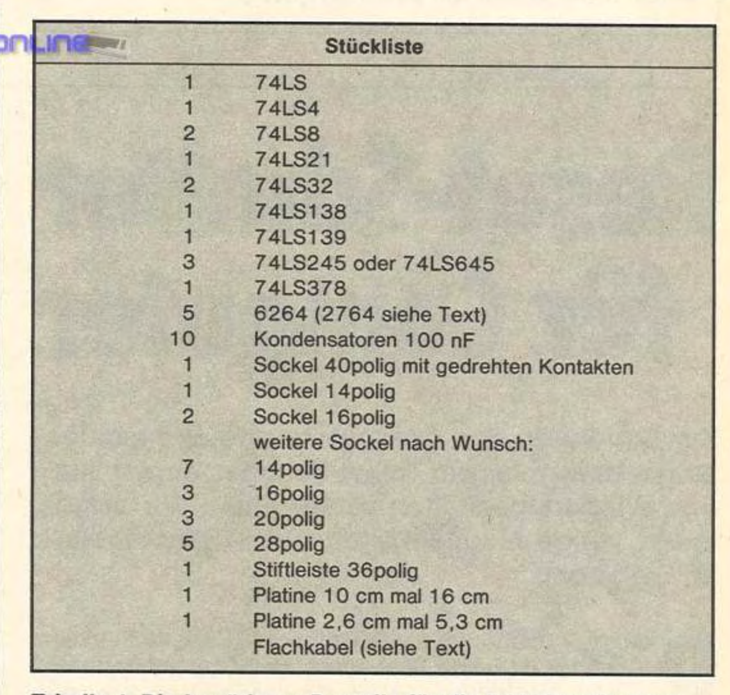


Bild 4. Der Bestückungsplan für die RAM-Erweiterung. Die Lötbrücken und Stiftleisten sind grafisch hervorgehoben.







Stückliste	
1	74LS
1	74LS4
2	74LS8
1	74LS21
2	74LS32
1	74LS138
1	74LS139
3	74LS245 oder 74LS645
1	74LS378
5	6264 (2764 siehe Text)
10	Kondensatoren 100 nF
1	Sockel 40polig mit gedrehten Kontakten
1	Sockel 14polig
2	Sockel 16polig
	weitere Sockel nach Wunsch:
7	14polig
3	16polig
3	20polig
5	28polig
1	Stiftleiste 36polig
1	Platine 10 cm mal 16 cm
1	Platine 2,6 cm mal 5,3 cm
	Flachkabel (siehe Text)

Tabelle 1. Die benötigten Bauteile für die RAM-Erweiterung

dem Layout vorgesehen. Die Floppy-Station muß nun nach dem Einschalten genauso funktionieren wie gewohnt. In Tabelle 1 sehen Sie übrigens eine Liste aller benötigten Bauteile. Diese Teile können in jedem Elektronik-Fachgeschäft besorgt werden und kosten etwa 70 Mark.

Zur einfacheren Handhabung der RAM-Erweiterung haben wir der Bauanleitung noch zwei Listings beigefügt, die Ihnen die Arbeit erleichtern. Bei Listing 1 handelt es sich um ein kleines Programm, mit dessen Hilfe das DOS der 1541 aus dem Bereich $C000 bis $FFFF in den RAM-Bereich $8000

```
100 GOTO 300                                    <044>
110 :                                           <086>
120 :    *****************************          <069>
130 :    *                           *          <153>
140 :    * DEMOPROGRAMM ZUM KOPIEREN *          <111>
150 :    * DES SPEICHERBEREICHS $C000 *         <095>
160 :    * -$FFFF NACH $8000-$BFFF IN *         <183>
170 :    * DER FLOPPY 1541           *          <243>
180 :    *                           *          <203>
190 :    *****************************          <139>
200 :    *                           *          <223>
210 :    * V ON                       *         <225>
220 :    *                           *          <243>
230 :    * DIETER PRIESS             *          <060>
240 :    * SCHUETZENSTR. 35          *          <111>
250 :    * 2400 LUEBECK 1            *          <003>
260 :    * TEL.: 0451/863222         *          <040>
270 :    *                           *          <039>
280 :    *****************************          <231>
290 :                                           <012>
300 FOR I=0 TO 32:READ X:S=S+X:NEXT I:IF S
    <>5511 THEN PRINT"FEHLER IN DATAS !":E
    ND                                          <208>
310 RESTORE                                     <106>
320 OPEN 1,8,15                                 <234>
330 FOR I=0 TO 32                               <193>
340 READ X                                      <054>
350 PRINT#1,"M-W"CHR$(I)CHR$(5)CHR$(1)CHR$
    (X)                                         <193>
360 NEXT I                                      <190>
370 PRINT#1,"U3"                                <117>
380 CLOSE 1                                     <137>
390 DATA 120,160,0,162,192,169,128,132,192
    ,132,194,134,193,133,195,162,64             <082>
400 DATA 177,192,145,194,200,208,249,230,1
    93,230,195,202,208,242,88,96                <148>
```

Listing 1. Dieses Programm kopiert das DOS der 1541 in den RAM-Bereich von $8000 bis $BFFF

```
100 GOTO 200                                    <036>
110 :                                           <086>
120 :    ******************************         <158>
130 :    *                            *         <153>
140 :    * DEMOPROGRAMM ZUM UMSCHALTEN *        <082>
150 :    * DER SPEICHERBEREICHE       *         <050>
160 :    * IN DER FLOPPY 1541         *         <073>
170 :    *                            *         <193>
180 :    ******************************         <218>
190 :                                           <166>
200 OPEN 1,8,15                                 <112>
210 PRINT#1,"M-W"CHR$(0)CHR$(30)CHR$(1)CHR
    $(3)                                        <080>
220 CLOSE 1                                     <231>
```

Listing 2. Mit diesem Programm kann der RAM-Bereich von $8000 bis $BFFF anstelle des Original-DOS in den Bereich $C000 bis $FFFF eingeblendet werden

bis $BFFF geschoben wird. Wollen Sie dieses Betriebssystem im RAM in den Bereich ab $C000 einblenden, so hilft Ihnen dabei das Programm in Listing 2. Es verändert den Inhalt des Registers in Speicherstelle $1E00 auf den richtigen Wert für das Einschalten des RAM-Bereichs. Sie haben jetzt nahezu unbegrenzte Möglichkeiten, eigene Betriebssysteme in Ihre 1541 einzubauen. Und das Beste an der Sache: Alle Betriebssysteme lassen sich bequem auf eine Diskette speichern und bei Bedarf laden.

Wir wünschen Ihnen nun viel Spaß bei der Anwendung der RAM-Erweiterung. Ihrer Kreativität bei eigenen Programmen sind keine Grenzen gesetzt; egal, ob es sich dabei um schnelle LOAD- und SAVE-Routinen oder um Kopierprogramme handelt. (D. Prieß/ks)

Reset-Schalter für Computer

Zur Schonung des Computers und angeschlossener Geräte ist ein Reset-Schalter einem Aus- und Wiedereinschalten vorzuziehen. Wir zeigen Ihnen einige Möglichkeiten eines Reset-Tasters im Selbstbau.

Das übliche Ein- und Ausschalten des C64 nach einem »Absturz« ist keine besonders elegante Methode. Es werden dadurch alle Programme, die sich im Speicher befinden, gelöscht und auch die Hardware wird durch die Strom- und Spannungsspitzen, die beim Einschalten entstehen, nicht gerade geschont. Dabei ist ein Reset des C64 ohne Ein-/Ausschaltvorgang nicht einmal besonders schwierig und aufwendig zu realisieren. Ein Reset, also ein Zurücksetzen des Computers in den Einschaltzustand, wird dadurch erreicht, daß der Reset-Eingang der CPU 6510 kurzzeitig auf Massepotential gelegt wird. Dieser Reset-Eingang ist beim C64 am User-Port, an der seriellen Schnittstelle und am Expansion-Port verfügbar.

Beim User-Port liegt der Reset-Eingang an Pin 3 (Bild 1). Zum Durchführen des Reset muß dieser Anschluß mit der Masse des C64 verbunden werden. Der Masseanschluß ist an den Pins 1, 12, A und N verfügbar. Einer dieser Anschlüsse muß also über einen Taster mit dem Pin 3 verbunden werden. Da die Anschlüsse 1 und 3 dicht beieinander liegen, empfiehlt es sich, den Taster zwischen diesen beiden Anschlüssen anzubringen. Löten Sie aber in keinem Fall den Taster direkt auf die User-Port-Kontakte, sondern verwenden Sie bitte einen extra User-Port-Stecker!

Am Expansion-Port ist der Reset-Eingang an Pin C angeschlossen (Bild 2). Die Masse liegt hier an den Pins 22, 1, Z und A. Zum Herstellen des Reset-Schalters benötigen wir einen Taster und ein Stück einseitig kupferkaschiertes Platinenmaterial. Dieses Stück muß 58 Millimeter breit sein, damit es genau in den Expansion-Port-Stecker paßt. Damit Sie die Platine ohne Schwierigkeiten wieder entfernen können, sollte Sie etwa 5 Zentimeter lang sein. Schalten Sie Ihren Computer aus und schieben Sie die Platine einige Male in den Expansion-Port hinein, bis die Schleifspuren der Kontakte deutlich zu sehen sind. Die erste und dritte Kontaktspur, die von links zu sehen ist, wenn Sie die Platine mit der Kupferseite nach oben und den zu Ihnen hinweisenden Kontaktspuren plazieren, decken Sie jetzt mit einem Abdecklack etwa einen Millimeter breit ab. Von diesen Punkten aus ziehen Sie mit dem Abdecklack zwei Leiterbahnen an das andere

Bild 1. So wird der Reset-Taster am User-Port angeschlossen

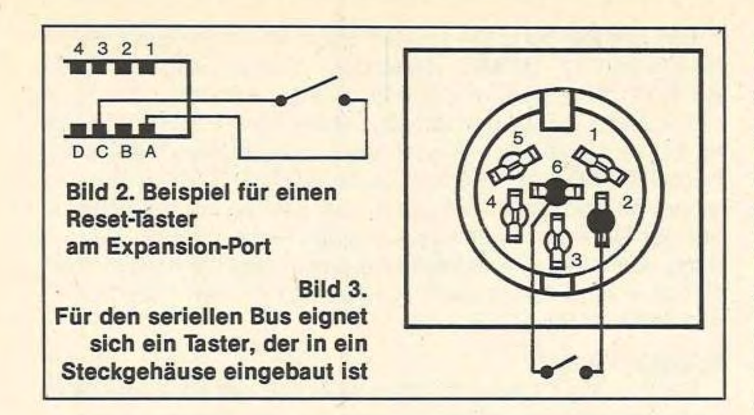


Bild 2. Beispiel für einen Reset-Taster am Expansion-Port

Bild 3. Für den seriellen Bus eignet sich ein Taster, der in ein Steckgehäuse eingebaut ist

Ende der Platine zu den Kontakten für einen Taster. Nach dem Wegätzen des noch sichtbaren Kupfers können Sie den Taster in die Platine einlöten und die Platine in den Expansion-Port schieben.

Die beiden bis jetzt beschriebenen Möglichkeiten zum Einbau eines Reset-Tasters blockieren entweder den User- oder den Expansion-Port. Bei einem Reset-Schalter am seriellen Port besteht dieser Nachteil nicht. Wenn zum Beispiel der serielle Port am Computer von der Floppystation belegt wird, dann können Sie den Reset-Taster auch in den zweiten Portanschluß des Laufwerks stecken. Ein Reset wird auch von hier aus durchgeführt, da die Reset-Leitung über den seriellen Bus durchgeschleift ist.

Zur Herstellung des Reset-Tasters benötigen Sie einen 6poligen DIN-Stecker mit Mittelkontakt und den obligatorischen Taster. Für den Taster müssen Sie dabei eine lange schlanke Ausführung wählen, damit der Tasterkopf noch hinten aus dem Steckergehäuse herausschaut. Der Taster wird zwischen die Anschlüsse 6 und 2 des Steckers gelötet (Bild 3). Je nachdem wie lang der Taster ist, kann dies direkt oder über zwei kurze Kabelstückchen geschehen. Der Taster kann sehr gut mit Hilfe der Zugentlastung des Steckers fixiert werden. Nach dem Zusammenbau des Steckergehäuses hat man einen sehr handlichen und kleinen Reset-Taster, der überall auf dem seriellen Bus verwendbar ist. Falls bei Ihrem C 64 die Reset-Leitung nicht mehr auf den seriellen Bus gelegt ist, benötigen Sie diesen Reset-Stecker trotzdem, da nur mit dieser Art von Stecker ein Floppy-Reset ohne Ausschalten des Laufwerks möglich ist. Für den C 64 benötigen Sie in diesem Fall einen zweiten Reset-Stecker der ersten oder zweiten Herstellungsart. Liegt die Reset-Leitung allerdings auf dem seriellen Bus, dann benötigen Sie nur einen Stecker, da bei einem Reset des Computers automatisch ein Floppy-Reset durchgeführt wird.

Wenn die Garantie Ihres C 64 schon abgelaufen ist, dann können Sie den Reset-Schalter natürlich auch fest in den Computer einbauen. An welchen Platz im Gehäuse Sie den Taster positionieren, bleibt dabei völlig Ihnen überlassen. Sorgen Sie auch dafür, daß der Taster an einen Platz kommt, an dem er nicht unbeabsichtigt betätigt werden kann. Sehr gut ist es, ein kleines Loch in das Gehäuse des C 64 zu bohren und den Taster unter diesem Loch anzubringen. Der Taster kann jetzt durch das Loch hindurch nur mit einem spitzen Gegenstand, wie zum Beispiel einer Kugelschreiberspitze, betätigt werden. Dies schützt zuverlässig gegen unbeabsichtigten Reset. Anschließen können Sie den Schalter irgendwo zwischen der Masse- und der Reset-Leitung, deren Verlauf durch Verfolgen der Leiterbahnen von User- oder Expansion-Port leicht herauszufinden ist.

(H. Zwartscholten/ks)

Universelle Betriebssystem-Umschaltung

Wir stellen Ihnen eine Betriebssystem-Umschaltung vor, die viel mehr kann, als »nur« Betriebssysteme in den $E000-Bereich einzublenden.

Im Regelfall beherrscht eine Betriebssystem-Umschaltung nur das Hin- und Herschalten zwischen verschiedenen, im $E000-Bereich liegenden Kernels. Diese neue Umschaltplatine beherrscht auch das Einblenden verschiedener Basic-Interpreter ($A000-Bereich) und von Programmen in den Modul-Bereich ($8000). Doch bevor auf die einzelnen Möglichkeiten eingegangen wird, zuerst eine Begriffserklärung:

1. Softwaregesteuerte Umschaltung bedeutet die Umschaltung des Chipselect-Signals durch einen Software-Befehl ohne Unterbrechung des Prozessorsystems
2. Hardwaregesteuerte Umschaltung ist eine Umschaltung durch Hardware (etwa einen Drehschalter), die in den meisten Fällen zu einer Unterbrechung des laufenden Prozessorsystems führt. Das bedeutet, das System stürzt ab und kann nur durch einen Reset wieder in Betrieb genommen werden.

Auf der Umschaltplatine sind beide Möglichkeiten vorhanden.

Die Einsatzmöglichkeiten der Umschaltplatine

1. Rein softwaregesteuerte Umschaltung:
   Es ist möglich, das Chipselect-Signal des Kernel-Betriebssystems zwischen sieben EPROMs und dem Original-Kernel umzuschalten. Das gilt analog für das Basic-Chipselect oder den Modulbereich von $8000 bis $9FFF.
2. Teilweise software- und hardwaremäßig gesteuerte Umschaltung:
   Bis zu vier EPROMs können hardwaregesteuert und die restlichen EPROMs softwaregesteuert betrieben werden. Dabei spielt es keine Rolle, welches Chipselect-Signal auf welche Weise umgeschaltet wird. Hieraus ergibt sich die universelle Einsetzbarkeit dieser Hardware-Erweiterung für den C 64.

Zum besseren Verständnis einige Beispiele

a:) Der Einsatz als Betriebssystem-Umschaltplatine ermöglicht eine unterbrechungsfreie Umschaltung von acht Betriebssystemen durch den POKE-Befehl im Direktmodus, im Basic-Programm oder im Maschinenprogramm, etwa mit dem STA-Befehl.

b:) Der Einsatz als Modul-Umschaltplatine dient der Aktivierung von maximal sieben EPROMs per Software.

c:) Der Einsatz als Betriebssystem-Erweiterungsplatine kann das Betriebssystem, das aus 16 KByte ROM besteht, um maximal 48 KByte erweitern. Das bedeutet, daß der C 64 über 64 KByte Betriebssystem verfügen könnte, ohne ein Byte des RAM-Speichers zu verlieren.
d:) Gemischter Einsatz. Zum Beispiel hardwaregesteuerte Umschaltung zwischen dem Kernel-ROM und einem EPROM, softwaregesteuerte Umschaltung zwischen Basic-ROM und drei EPROMs sowie hardwaregesteuerte Umschaltung von drei EPROMs im Modulbereich.

Es existieren insgesamt 60 Kombinationsmöglichkeiten, die Platine einzusetzen. Einige Fälle sind aber nicht besonders sinnvoll. Auf die Perspektiven soll hier nur kurz eingegangen werden. Wir nehmen an, daß Sie die enormen Möglichkeiten, die sich damit bieten, selbst erkennen können. Mit dieser Schaltung ist es nur noch eine Software-Frage, um alle Nachteile des C 64-Basic zu beseitigen und alle Vorteile der vorhandenen Hardware über Basic-Befehle auszuschöpfen, ohne, wie bisher üblich, Basic-RAM-Speicher dafür zu belegen (zum Beispiel könnten Sie eine EPROM-Version von Simons Basic oder vom SMON anfertigen, die ohne Ladeaufwand immer bereitstehen würden).

Die Hardware

Für die Herstellung dieser Platine benötigen Sie die aus Tabelle 1 ersichtlichen Bauteile.

Nachdem Sie die Platine (siehe Anhang »Platinenlayouts« auf Seite 159) hergestellt haben, werden wir uns die verschiedenen Arten der Bestückung ansehen. Bild 1 zeigt Ihnen die Lage der im folgenden beschriebenen Bauteile und Verbindungspunkte. In Bild 2 sehen Sie die Brücken, die unabhängig von der späteren Bestückung vorhanden sein müssen. Löten Sie diese bitte zuerst ein. Außer den Brücken auf der Platine müssen auch immer zwei Verbindungen zur C 64-Platine geschaffen werden. Diese sind von Stift 6 (S6) zum Kontakt des Expansion-Ports und von Stift 7 (S7) an den Kontakt E des Ports (siehe die Bilder 1 und 3):

Umschaltmöglichkeiten

Es können grundsätzlich folgende Bereiche hardwaremäßig (mit Schalter) oder softwaremäßig (mit Befehlen) umgeschaltet werden:
a:) $8000 bis $9FFF (Modulbereich)
b:) $A000 bis $BFFF (Basic-ROM)
c:) $E000 bis $FFFF (Kernel-ROM)

Zur Beschreibung der einzelnen Umschaltungen:

Softwaregesteuerte Umschaltung

a) Modulbereich

Das erforderliche Chipselect-Signal ist am Expansion-Port an Kontakt 11 (ROML) vorhanden. Also ist Stift 9 (S9) mit Kontakt 11 des Expansions-Ports zu verbinden. Das allein genügt noch nicht, um den Modulbereich anzusprechen, es ist zusätzlich ein Low-Signal am Kontakt 9 des Expansion-Ports (EXROM) erforderlich. Dazu wird Stift 8 (S8) entweder direkt mit Kontakt 9 verbunden, dann ist ein Modul-EPROM auf der Umschaltplatine immer aktiv. Wenn man die Verbindung über einen Ein-Schalter herstellt, dann kann mit diesem Schalter der Modulbereich jederzeit mit dem Einschalten aktiviert werden.

b) Basic-Bereich

Das Basic-Chipselect-Signal wird von der PLA (der Baustein, der die Chipselect-Signale verteilt) erzeugt und zum Basic-ROM-Chipselect-Eingang geführt. Es wurden zwei grundsätzliche Möglichkeiten vorgesehen, um dieses Signal für die Umschaltplatine nutzbar zu machen:

1. Das Basic-ROM ist gesockelt und kann daher in die Umschaltplatine eingesetzt werden. Dazu sind die Brücken entsprechend Bild 4 und zusätzlich die Brücke »Basic-ROM«, wie in Bild 6 zu sehen, einzulöten. Des weiteren muß am Punkt »I« (Bild 1) ein Verbindungsstift auf der Leiterbahnseite angelötet werden. Über diesen Verbindungsstift gelangt dann das Basic-Chipselect-Signal vom Sockel auf der C 64-Platine in die Umschaltplatine und wird dort weiterverarbeitet.

   Will man statt des 24poligen ROM-Bausteins einen modifizierten Interpreter einsetzen, der in einem 28poligen EPROM untergerbracht ist, müssen die Brücken gemäß Bild 5 an Stelle der Brücken aus Bild 4 eingesetzt werden.
2. Das Chipselect-Signal wird durch Auftrennen der Zuleitung zum Basic-Chipselect gewonnen. Die Trennstelle ist im 64'er, Ausgabe 10/85 auf Seite 46, Bild 7, dargestellt. Es ist nun die Seite zum PLA-Chip hin mit Kontakt 9 des Expansion-Ports und die Seite zum Basic-ROM mit Stift 10



Bild 3. Verbindungen der Platine mit dem Expansion-Port

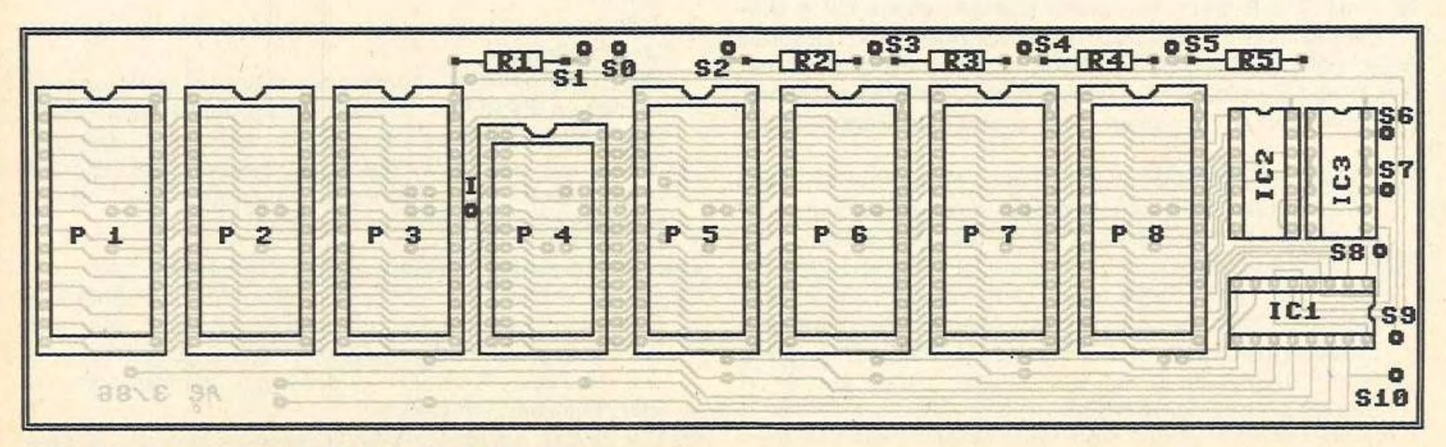


Bild 1. Bestückungsplan für die maximale Bestückung

(S10) der Umschaltplatine zu verbinden, wenn das Original-Basic weiterverwendet werden soll. Der Steckplatz 3 und 4 auf der Umschaltplatine ist dann und in allen sonstigen Fällen gemäß Bild 5 mit den eingezeichneten Brücken zu versehen. Es kann hiermit ein Interpreter-EPROM in den Steckplatz 3 eingesetzt werden.

c) Kernel-Bereich

Das Chipselect-Signal kommt ohnehin über die Stiftleiste auf die Umschaltplatine. Es ist daher nur die Brücke »Kernel ROM« nach Bild 6 zu legen, um softwaremäßig diesen Bereich umzuschalten.

Damit sind (fast) alle Möglichkeiten beschrieben, um ein ankommendes Chipselect-Signal auf die Umschaltplatine zu bringen. Bevor mit der Verteilung fortgefahren wird, erst eine Beschreibung der Hardware-Umschaltmöglichkeiten.

Hardwaregesteuerte Umschaltung

Bei dieser Methode ist zu beachten, daß die Umschaltung im Basic- und Kernel-Bereich immer zum Absturz des Computers führt. Das Einschalten im Modulbereich ergibt meist keine sichtbaren Änderungen, da erst mit einem Reset der Bereich aktiviert wird (CBM80-Kennung).

Außerdem ist zu beachten, daß der Chipselect-Pin der umzuschaltenden ICs immer einen definierten Pegel (Low- oder High-Pegel) haben muß, um nicht unkontrollierte Erscheinungen hervorzurufen. Deshalb werden bei allen hardwaremäßig umzuschaltenden Bausteinen 3-Kiloohm-Widerstände nach +5 Volt gelegt. Hiermit ist der Chip deselektiert. Die Selektierung erfolgt durch die Verbindung des entsprechenden Chipselect-Signals von der PLA (oder Expansion-Port) über den Um- oder Drehschalter zum Chipselect des ausgewählten Bausteins.

Praktisch bedeutet das: Man nehme die Quelle des Bereiches a), b) oder c) (siehe »Softwaregesteuerte Umschaltung«) und gehe damit zum Beispiel auf den Mittelpunkt eines Drehschalters. Anschließend verbindet man die Kontakte des Drehschalters mit den Stiften 1 bis 5 (S1 bis S5), je nachdem, welches IC umgeschaltet werden soll. Auf der abgedruckten Platine ist die einzige Besonderheit bezüglich der Quelle des Chipselect-Signals zu sehen. Da das Kernel-Chipselect-Signal immer durch die Platine geführt wird, ist für den Kernel-Bereich (c)) die Quelle von Stift 0 (S0) zu entnehmen. Desgleichen ist auf Stift 1 (S1) immer der Chipselect-Eingang für das Original-Kernel zu finden.

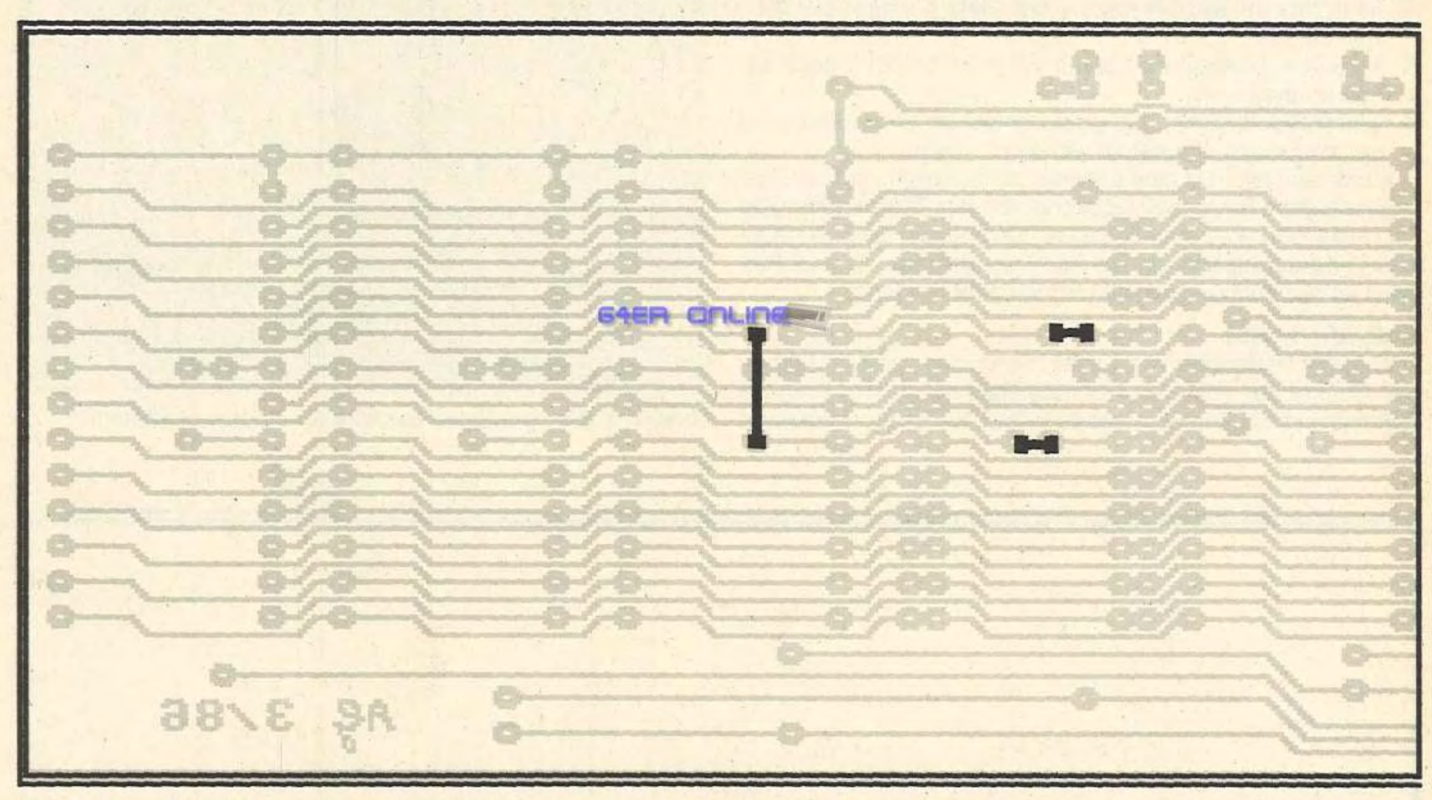


Bild 4. Diese Lötbrücken müssen eingelötet werden, wenn ein Basic-ROM verwendet wird

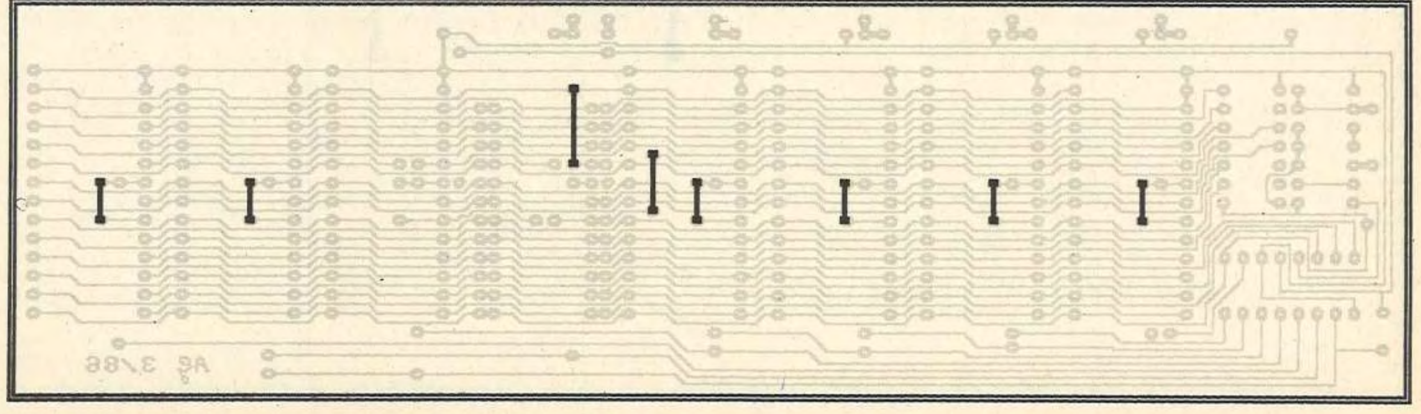


Bild 2. Diese Brücken müssen immer eingelötet werden

Nun zu den Brücken, die die Chipselect-Signale der IC-Sockel verteilen. Zuerst die hardwaregesteuerten Bausteine:

Für diese ICs sind die Brücken zu den Widerständen, die nur in diesem Fall eingebaut werden müssen, zu legen. Die Brücken für die softwaremäßig gesteuerten ICs werden grundsätzlich in die andere Richtung gelegt. Welcher Platz nun mit welcher Adresse belegt werden kann, geht aus folgender Tabelle hervor. Natürlich kann ein Platz nur von einer Umschaltung genutzt und innerhalb der softwaregesteuerten ICs auch jede Adresse nur einmal belegt werden.

Platz Nummer	:	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
ROM	:			Bas	Kern				
EPROM	:	X	X	X		X	X	X	X
hardwaregeschaltet	:				X	X	X	X	X
softwaregeschaltet	:	X	X	X	X	X	X	X	X
Software-Adresse	:	2	1	0	1	3	4	5	6
oder	:		0	3		4	5	6	7

Aus dieser Tabelle ist zu erkennen, daß:

1. nur die Plätze 3 und 4 mit ROM-Bausteinen belegt werden können, wobei Platz 4 immer mit dem Original-Kernel bestückt sein muß,
2. EPROMs auf allen Plätzen außer Platz 4 eingesetzt werden können,
3. hardwaregeschaltete ICs nur auf den Plätzen 4 bis 8 sitzen können und
4. softwareselektierte ICs unterschiedlich durch Brückenverbindungen eingestellt werden können.

Außerdem schließt eine optimale Nutzung ein, daß hardwaregeschaltete Bausteine möglichst von der Platznummer 8 in Richtung Platz 4 einzusetzen sind. Ein Beispiel für eine mögliche Verdrahtung können Sie Bild 7 entnehmen. Dieses Beispiel ist nur zufällig gewählt und ist nicht bindend.

Aufbauhinweise

Es ist zweifelsohne von Vorteil, wenn man vor dem Aufbau der Sockel der späteren Nutzung Rechnung trägt und alle Brücken auf die Bestückungsseite legt. Es ist aber durchaus möglich, für den einen oder anderen Platz die Chipselect-Brücken nachträglich zu ändern. Das kann dann aber nur von der Leiterbahnseite aus geschehen. Die notwendige Verdrahtung zur C 64-Platine (oder zu den Schaltern) löst man am besten dadurch, daß die Drähte an der C 64-Platine angelötet werden und das andere Ende einen Steckschuh erhält, der in den Lötstift auf der Platine gesteckt wird. So kann man die Platine jederzeit wieder entnehmen.

Für die IC-Sockel nimmt man am besten Sockel mit gedrehten Kontakten. Diese gewährleisten eine gute Verbindung zwischen der Umschaltplatine und den EPROMs. Schlechte Sockel mit billigen Kontakten sollen vermieden werden, da ein Teil eventueller Fehler auf schlechte Verbindungen zurückzuführen sind.

Funktionsbeschreibung

Softwaregesteuerte Umschaltung. Siehe dazu Bild 8:

1. I/O 2: Wird vom Prozessor der Bereich $DFxx angesprochen, so entsteht am I/O-2-Ausgang des Expansion-Ports ein Low-Signal.

Bauteile für Umschaltplatine		
IC1	1	74LS137
IC2	1	74LS30
IC3	1	74LS10
	1	IC-Sockel 24polig
	1	IC-Sockel 16polig
	2	IC-Sockel 14polig
	7	IC-Sockel 28polig
	1	Stiftsockelleiste 25polig
	5	Widerstände 3,3 kΩ
	1	Platine (siehe Anhang »Platinenlayouts«)
	11	Lötstützpunkte oder Lötnägel
	11	Steckschuhe, dazu Kabel
		EPROMs (2764) mit wahlweisem Inhalt
		Um- oder Drehschalter je nach Bedarf

Tabelle 1. Die benötigten Bauteile für die Umschaltplatine

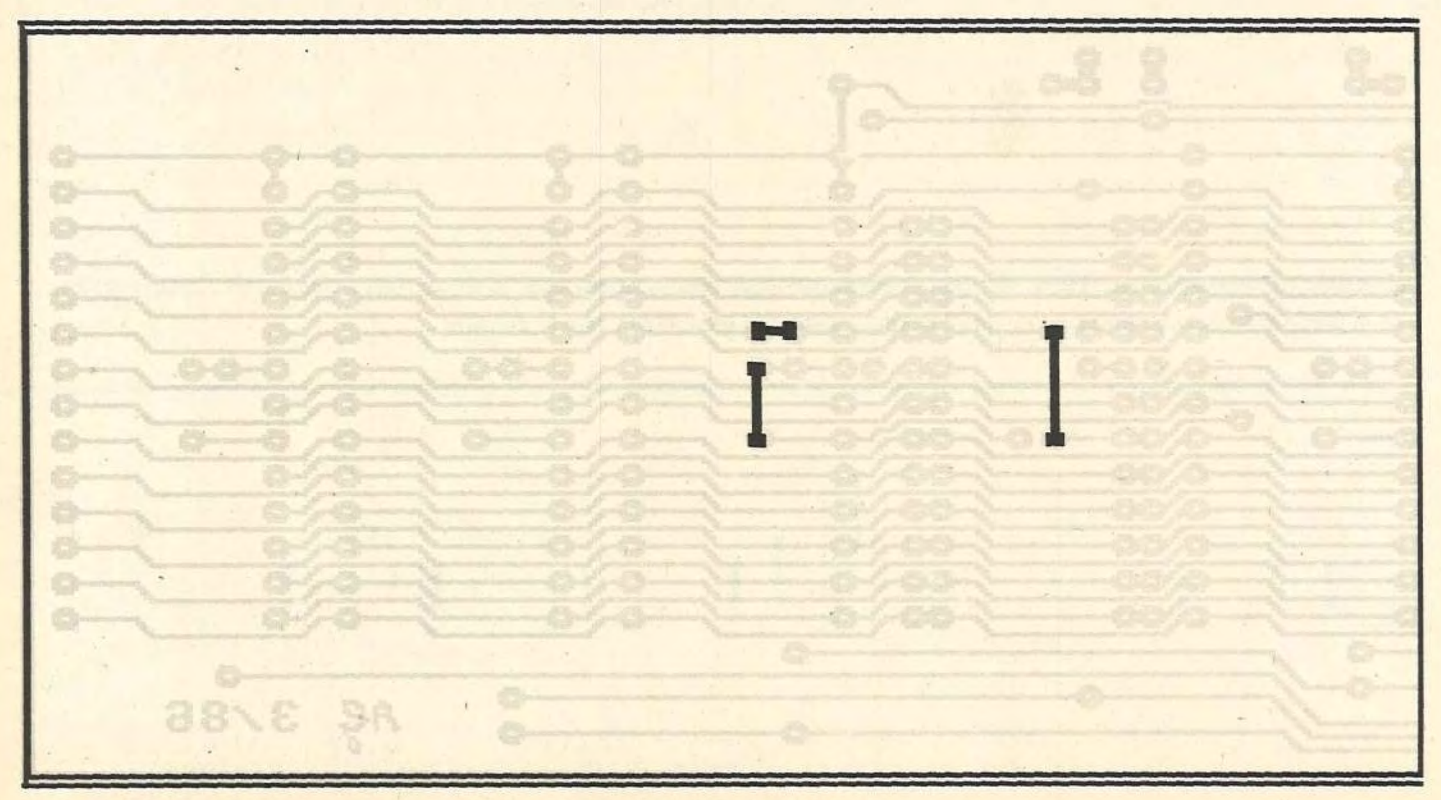


Bild 5. Bei Verwendung eines Basic-EPROMs sind diese Brücken einzulöten

2. A0 bis A7: Spricht der Prozessor die Adresse $xxFF an, liegen die Adreßleitungen A0 bis A7 auf High-Pegel.
3. Φ2: Der Takt Φ2 zeigt die Gültigkeit der Daten auf den Datenleitungen an.

Über die Gatter N1, N2, N3 und N4 werden diese Eingangsbedingungen so verknüpft, daß die Adresse $DFFF und gültige Daten als Kriterium für die Freigabe der Adreßeingänge des 1- aus 8-Dekoder-ICs 74LS137 dienen.

Die Adreßeingänge sind mit den Datenbusleitungen D0, D1 und D2 des Prozessordatenbus verbunden, so daß Daten von 0 bis 7 zur Dekodierung eines Ausgangs am 74LS137 dienen.

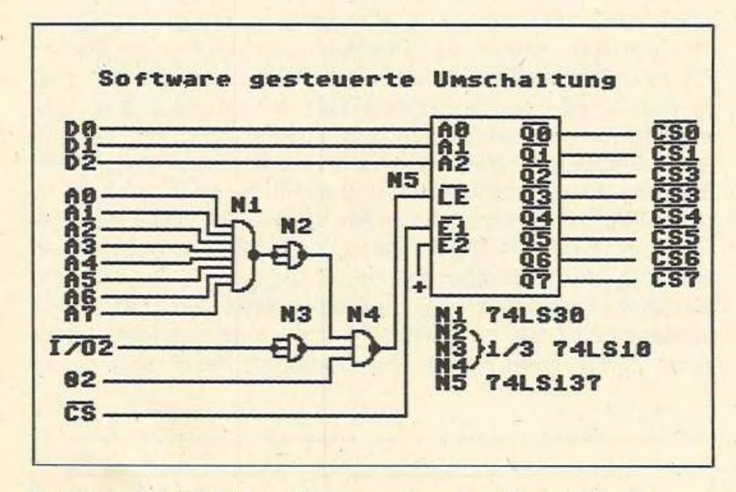


Bild 8. Schaltbild der softwaregesteuerten Umschaltung

Der Chipselect-Eingang im Schaltbild wird praktisch mit dem entsprechenden Chipselect-Signal für den gewünschten Bereich verbunden. Soll zum Beispiel das Kernel umgeschaltet werden, wird das Chipselect-Signal, das vom Adreßmanager (PLA) kommt, an den Chipselect-Eingang geschaltet und der Kernel-Chipselect-Pin an den Ausgang Q0 des 74LS137 gelegt. Die Kernel-EPROMs, die softwaremäßig einzuschalten sind, werden mit dem Chipselect an die Ausgänge Q1 bis Q7 gelegt.

Die genaue Funktionsweise des Dekoders 74LS137 entnehmen Sie bitte der 64'er-Ausgabe 7/85, Seite 41 ff.

Die Umschaltung erfolgt durch folgende Befehle:

1. in Maschinensprache: LDA #00
   STA $DFFF
   selektiert den Q0-Ausgang und damit das daran angeschlossene IC. Lädt man in den Akku die Werte 01 bis 07, werden die anderen angeschlossenen Bausteine selektiert.
2. von Basic aus: POKE 57343,0 bis 7 bewirkt das gleiche wie in Maschinensprache.

Die Umschaltung erfolgt deshalb absturzfrei, weil im Augenblick der Befehlsausführung der Bereich $DFxx selektiert und dieser auch schon umgeschaltet ist, falls der Bereich, in dem ein IC liegt, vom Prozessor angesprochen wird. Alles in allem ist diese Bauanleitung eine nützliche und universelle Umschaltung, deren Stärken in der Vielseitigkeit liegen. (Anton Gelowicz/dm)

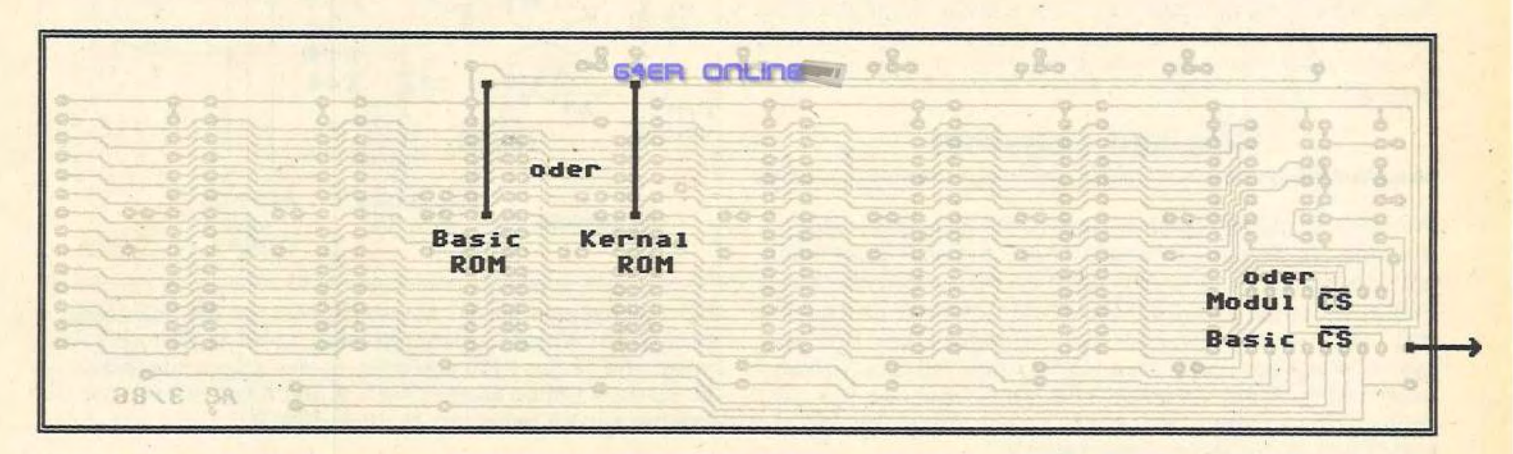


Bild 6. Wahlweise kann ein Basic-ROM oder -EPROM verwendet werden (siehe Text)

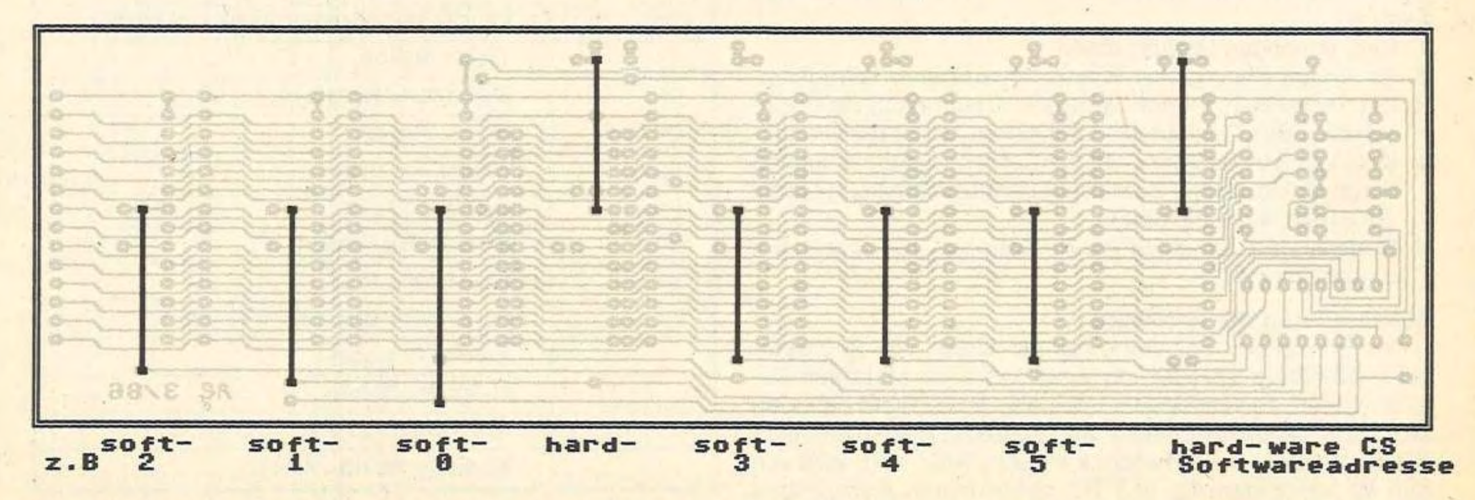


Bild 7. Beispiel für eine hard- und softwaremäßige Umschaltung

Computer-Benutzung nur mit Paßwort

Wenn Sie nicht wollen, daß Ihr C64 von Fremden benutzt wird, sollten Sie den Computer mit einem Sicherheitssystem schützen. Der Zugang erfolgt mit einem nur Ihnen bekannten Geheimwort.

Haben Sie eine Dateiverwaltung, die Sie vor fremdem Zugriff schützen wollen? Oder steht Ihr Computer an einem für Fremde leicht zugänglichen Ort? Vielleicht raufen Sie sich auch gerade die Haare, weil Ihr kleiner Bruder erbarmungslos die neue Adreßdatei gelöscht hat, um Platz für seine High-Score-Liste zu bekommen?

Sollte einer dieser Punkte für Sie zutreffen, so haben Sie sich sicher schon Gedanken darüber gemacht, wie man dem vorbeugen kann. Prinzipiell ist das sehr einfach: Man kaufe sich einfach einen Schlüsselschalter und baue diesen ein.

An dieser Stelle aber regt sich bei manchem C64-Besitzer das Gewissen. Reumütig wirft er einen Blick auf das Gehäuse seines Computers und stellt fest: ein Loch für den Reset-Taster, eines für die Betriebssystem-Umschaltung, noch ein paar Löcher für LEDs und womöglich noch eines für den Anschluß einer Zehnertastatur. Schon ist der Computer nicht mehr von einem Schweizer Käse zu unterscheiden. Also weg von der »Mehrlochmethode« und auf zu einer eleganteren Lösung!

Sicherheit eingebaut

Wie wäre es zum Beispiel, wenn Ihr C64 ohne äußere Veränderungen nach dem Einschalten zunächst eine Sicherheitsabfrage durchläuft und erst nach korrekter Eingabe eines Paßworts betriebsbereit ist? Sie werden jetzt vielleicht sagen, daß das einen Verzicht auf irgendwelche Betriebssystem-Routinen und Kompatibilität bedeutet. Das Paßwort wäre fest im ROM verankert und gegebenenfalls nur sehr schwer zu ändern. Und nach jedem Reset müßte die Paßwort-Eingabe von neuem erfolgen.

Doch verzagen Sie nicht, diese Probleme sind bereits zufriedenstellend gelöst. Dies ermöglicht das »Security-System«, bestehend aus Hard- und Software. Die Vorteile des Systems:

1. Kein unnötiges Löcherbohren
2. Es stehen maximal vier Paßwörter zur freien Verfügung
3. Die Sicherheitsabfrage wird nur einmal nach dem Einschalten des Computers durchlaufen, sonst nie wieder
4. Kein Verzicht auf irgendwelche Betriebssystem-Routinen durch elektronische Betriebssystem-Umschaltung (somit 100prozentig kompatibel)
5. Maximal drei verschiedene Betriebssysteme absturzfrei umschaltbar

Beschreibung der Hardware

Das Prinzip der Schaltung beruht darauf, ein 16-KByte- oder 32-KByte-EPROM als umschaltbares Mehrfach-Betriebssystem zu verwenden, das heißt, im EPROM befinden sich zwei beziehungsweise vier Betriebssysteme mit je 8 KByte. Welcher 8-KByte-Block eingeblendet wird, wird von den Widerständen R2 und R3 sowie einem mehrpoligen Umschalter (nur bei 32-KByte-EPROM) festgelegt (Bild 1).

Beim Einschalten des Computers wird nun über die TTL-Logik des 7400 und der RC-Kombination R1/C1 ein definierter Einschaltzustand des EPROMs erreicht. Über die Dioden D1 und D2 werden die Pins 26 (A13) und 27 (A14) des EPROMs auf Low-Pegel geschaltet, so daß nach dem Einschalten immer der unterste 8-KByte-Block aktiviert ist. Dieser Zustand bleibt solange erhalten, bis die korrekte Paßwort-Eingabe eine Zustandsänderung an Pin 6 von IC U2 hervorruft. Dies hat augenblicklich ein Kippen der TTL-Logik zur Folge. Pin 6 des 7400 geht auf High-Potential, so daß, je nach EPROM, der nächsthöhere beziehungsweise der mit dem Schalter eingestellte 8-KByte-Block aktiviert wird. Der Logikzustand des 7400 ist nun durch nichts mehr zu ändern, auch nicht durch einen Reset. Der Computer bleibt solange im

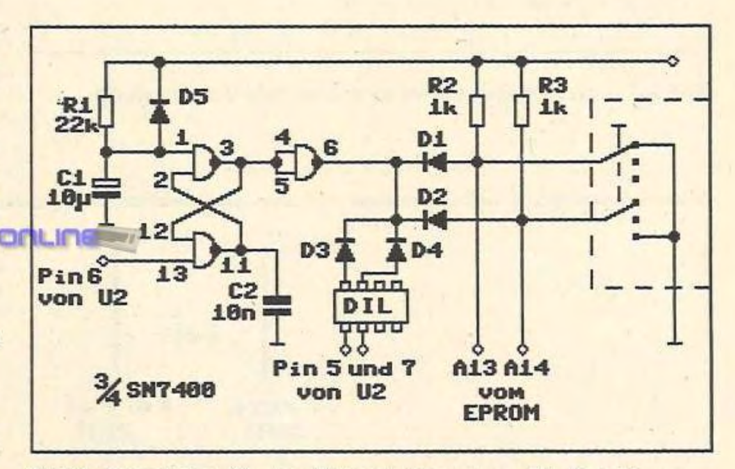


Bild 1. Schaltplan für das Sicherheitssystem. Die Schaltung ist für ein 16-KByte- beziehungsweise 32-KByte-EPROM ausgelegt. Pin 13 des 7400 sowie die beiden angeschlossenen DIL-Schalter führen an die Pins 5, 6 und 7 des CIA U2. Der Schalter entfällt bei einem 16-KByte-EPROM.

Stückliste für das Sicherheitssystem		
IC1	1	EPROM 27128 (oder 27256 – siehe Text)
IC2	1	TTL-IC SN7400
DIL	1	4fach DIL-Schalter (8polig)
D1 – D5	5	Dioden 1N4148
R2/R3	2	Widerstände 1 kΩ
R1	1	Widerstand 22 kΩ
C2	1	Keramikkondensator 10 nF
C1	1	Elko stehend 10 µF
	1	Platine (siehe Layout auf Seite 159)
	2	12polige Pinleisten
	1	IC-Fassung 28polig
	1	IC-Fassung 14polig
	20	Zentimeter 3adriges Kabel

Tabelle 1. Bauteileliste für das Sicherheitssystem

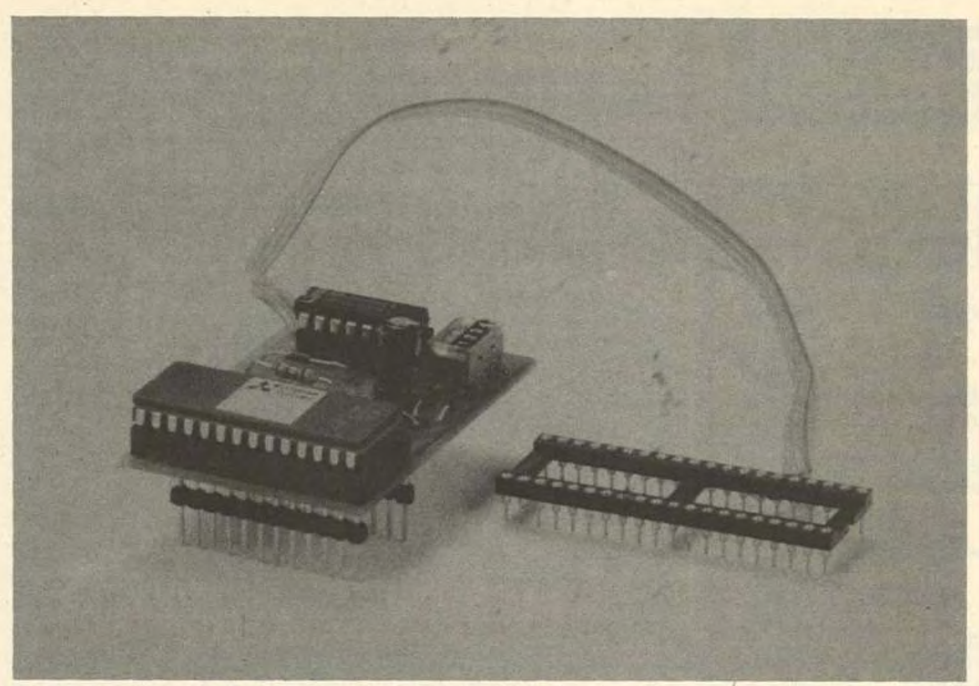


Bild 3. So sieht das fertig aufgebaute Sicherheitssystem für den C 64 aus. (Die Kabel können auch direkt an der CIA angelötet werden)

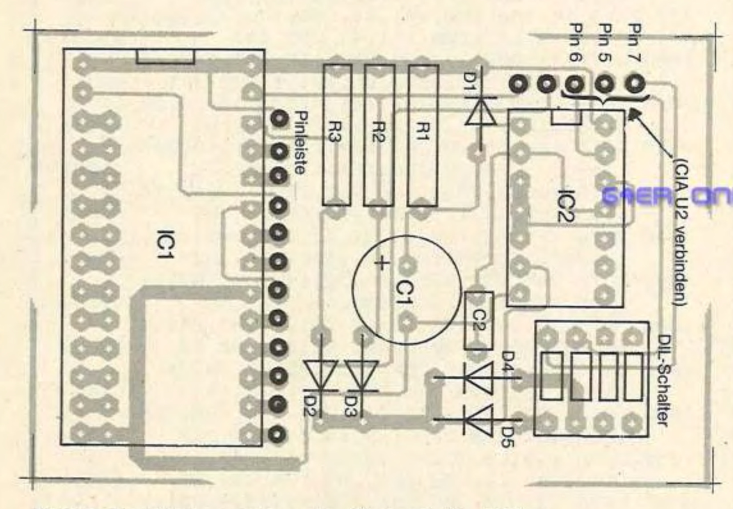


Bild 2. Bestückungsplan der Sicherheitsplatine (Layout auf Seite 159)

jeweils aktiven Betriebssystem, bis ein Ein-/Ausschalten des Computers das Sicherheitssystem wieder aktiviert.

C2 fängt die Nadelimpulse an Pin 6 von U2 ab, welche beim Durchlaufen des Reset entstehen. Über die Dioden D3, D4 und den DIL-Schalter läßt sich eines von vier Paßwörtern auswählen.

Inbetriebnahme der Schaltung

Für den Aufbau der Schaltung benötigen Sie die aus Tabelle 1 ersichtlichen Bauteile:

Tippen Sie bitte zuerst Listing 1 ab und speichern es auf Ihrem Datenträger. Gestartet wird es mit RUN. Das Programm ändert nun das Original-Betriebssystem und bindet die Sicherheitsroutinen ein. Bei der anschließenden Abfrage nach den Paßwörtern geben Sie vier Paßwörter nach Wahl ein. Anschließend können Sie das Programm, das im Bereich von $6000 bis $7FFF steht, mit einem Maschinensprache-Monitor speichern. Sie können jetzt ein EPROM des Typs 27128 oder 27256 nehmen und in die untersten 8 KByte ($0000 bis $1FFF ab EPROM-Start) dieses generierte Programm brennen. Die restlichen 8 KByte beziehungsweise 24 KByte können Sie mit Betriebssystemen Ihrer Wahl »auffüllen«.

Nach sorgfältiger Herstellung und Überprüfung der Platine (zu finden im Anhang »Platinenlayouts« auf Seite 159) sind die Bauteile, wie aus Bild 2 ersichtlich, einzulöten. Auf der Oberseite der Platine befinden sich die Bauteile, während die Unterseite die Pinreihen für den Sockel enthält (Bild 3). Stecken Sie die Platine mit dem EPROM in den Steckplatz U4 des C64. Die Kerbe des EPROMs zeigt in Richtung des Kassettensteckers, und der übrige Teil der Platine liegt auf der den CIAs (U1 und U2) abgewandten Seite. Die Anschlüsse für den CIA U2 werden noch nicht angeschlossen. Die DIL-Schalter müssen sich in der Stellung OFF befinden. Schalten Sie nun den C64 ein.

Ist alles in Ordnung, sollte sich das Security-System mit seiner Einschaltmeldung melden. Mit Hilfe eines Vielfachmeßgerätes oder einem Logiktester überprüfen Sie, ob am gemeinsamen Punkt der Kathoden von D1 bis D4 Low-Pegel anliegt. Ist dies in Ordnung, wird nun mit einem Kabel Pin 13 des 7400 kurz auf Masse gelegt und das Kabel wieder entfernt (das eventuelle Abstürzen des Computers ist bedeutungslos). Wenn Sie nun einen Reset durchführen (zum Beispiel Pin 1 und 3 des User-Ports überbrücken), so sollte sich

Einbau der Schaltung

das eingestellte Betriebssystem des Computers melden. Zuletzt ist wieder zu messen, ob der Pegel an den Kathoden der Dioden von Low- auf High-Pegel gewechselt hat. Waren alle Überprüfungen korrekt, so arbeitet die Hardware zufriedenstellend und die Drähte können an CIA U2 befestigt werden.

Handhabung des Systems

Nach dem Einschalten des Computers meldet sich das System mit einer Einschaltmeldung. Drückt man nun <CTRL +RETURN>, läßt das System die Eingabe des Paßwortes zu. Es kann ein zehn Zeichen langes Paßwort eingegeben werden. Das Paßwort selbst sieht man natürlich nicht auf dem Bildschirm, es erscheint nur eine Reihe kleiner x. Bei falschem Paßwort erfolgt ein Neustart des Systems. Die Anzahl der Versuche ist unbegrenzt. Ein Blockieren des Computers bei falscher Eingabe ist nicht sinnvoll, da dies nur zum Aus- und Einschalten des Gerätes verführt und nicht der Lebensdauer des Computers dienlich ist. Eine korrekte Eingabe führt zur Begrüßung »WELCOME«, und der Computer führt nach einem kurzen Augenblick einen Software-Reset durch. Das Sicherheitssystem ist nun völlig ausgeblendet und kann nur über erneutes Aus- und Einschalten des Computers aktiviert werden.

Tips zur Paßwort-Wahl

Um eine größtmögliche Geheimhaltung des Paßwortes zu erreichen, hat es sich bewährt, statt sinnvoller und leichtverständlicher Worte eine möglichst unsinnige und verworrene Buchstabenkombination zu verwenden. Dies erschwert das Ablesen des Paßwortes beim Eingeben für unerwünschte »Schultergucker«. Es leuchtet sicher ein, daß bei »James B...«

leichter auf den Rest zu schließen ist als bei »QSFGR...«. Es empfiehlt sich ebenfalls, von Zeit zu Zeit ein anderes Paßwort einzuschalten. Tabelle 2 zeigt Ihnen noch die wichtigen Zeilen im Programm. (Bernhard Henlein/dm)

```
210 POKE 55,0:POKE 56,96:CLR:M=24576          <073>
220 PRINT CHR$(14);"{CLR}KERNAL INS RAM UE
    BERTRAGEN!"                               <048>
230 PRINT:PRINT"BITTE 2 MIN. WARTEN           <088>
240 FOR I=0 TO 8191                           <029>
250 POKE M+I,PEEK(57344+I)                    <072>
260 NEXT                                      <016>
270 POKE M+904,76: REM JMP $F72C              <031>
280 POKE M+905,44: REM PRG. START             <165>
290 POKE M+906,247                            <253>
300 POKE M+3289,11:REM RAHMENFARBE            <067>
310 POKE M+3290,0 :REM BILDSCHIRMFARBE        <174>
320 POKE M+7440,82:REM-----                   <106>
330 POKE M+7441,84                            <213>
340 POKE M+7442,70:REM MODULSTART VERAENDE
    RN.                                       <215>
350 POKE M+7443,56                            <239>
360 POKE M+7444,54:REM-----                   <154>
370 POKE M+7628,23:REM CIA RESET              <221>
380 POKE M+7633,23:REM CIA RESET              <098>
390 PRINT:PRINT"SPRITES EINTRAGEN!"           <026>
400 FOR I=0 TO 382                            <113>
410 READ A : POKE M+3771+I,A                  <133>
420 S=S+A                                     <098>
430 NEXT                                      <186>
440 IF S<>28177 THEN PRINT"FEHLER IN SPRIT
    ES":END                                   <041>
450 PRINT:PRINT"PROGRAMM EINTRAGEN!"          <129>
460 S=0                                       <179>
470 FOR I=0 TO 872                            <057>
480 READ A : POKE M+5932+I,A                  <201>
490 S=S+A                                     <168>
500 NEXT                                      <000>
510 IF S<>99851 THEN PRINT"FEHLER IN PART
    II":END                                   <096>
520 PRINT:PRINT"EINSCHALTMELDUNG:"            <211>
530 PRINT:PRINT"{2SPACE}**** C 64 SECURITY
    SYSTEM{2SPACE}V3.1 ****"                  <221>
540 PRINT"{2SPACE}TTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTTT
    TTTTTTTTTTTT"                             <016>
550 INPUT"{2UP}";MD$                          <038>
560 IF LEN(MD$)<37 THEN MD$=MD$+" ":GOTO 5
    60                                        <134>
570 FOR I=1 TO 4                              <034>
580 PRINT:PRINT"PASSWORT"I" ----------"       <024>
590 INPUT"{UP,10RIGHT}";PW$(I)                <215>
600 IF LEN(PW$(I))<10 THEN PW$(I)=PW$(I)+"
    ":GOTO 600                                <016>
610 NEXT                                      <112>
620 FOR I=1 TO LEN(MD$)                       <161>
630 POKE M+6486+I,ASC(MID$(MD$,I,1))          <011>
640 NEXT                                      <142>
650 POKE M+6486+I,13                          <121>
660 FOR J=1 TO 4                              <132>
670 FOR I=1 TO LEN(PW$(J))                    <060>
680 K=K+1                                     <195>
690 POKE M+6688+K,ASC(MID$(PW$(J),I,1))       <171>
700 NEXT I                                    <020>
710 NEXT J                                    <038>
720 PRINT:PRINT"FERTIG!"                      <202>
730 PRINT:PRINT"NEUES KERNAL STEHT AB";M;"
    IM SPEICHER!"                             <070>
740 END                                       <234>
750 :                                         <218>
760 REM *** DATAS FUER SPRITES ***            <244>
770 DATA 31,128,0,31,128,0,31,128,63,31,12
    8,127,15,192,254,15,193,252,15,227        <255>
780 DATA 248,15,231,240,7,255,224,7,255,19
    2,3,255,128,1,255,0,1,255,0,0,255         <198>
790 DATA 192,0,127,240,0,63,255,0,31,255,0
    ,7,255,0,3,255,0,0,255,0,0,15,0           <221>
800 DATA 0,0,15,0,0,255,0,3,255,0,7,255,0,
    31,255,0,63,255,0,127,240,0,255           <102>
810 DATA 192,1,255,0,1,254,0,3,248,0,7,248
    ,0,7,240,0,15,224,0,15,224,0,15           <112>
820 DATA 192,0,15,192,0,31,128,0,31,128,1,
    31,128,0,31,128,0,0,240,0,0,255           <014>
830 DATA 0,0,255,192,0,255,224,0,255,248,0
    ,255,252,0,15,254,0,3,255,0,0,255         <134>
840 DATA 128,0,255,128,1,255,192,3,255,224
    ,7,255,224,15,231,240,31,199,240          <188>
850 DATA 63,131,240,127,3,240,254,1,248,0,
    1,248,0,1,248,0,1,248,0,0,1,248           <007>
860 DATA 0,1,248,128,1,248,0,1,248,0,3,240
    ,0,3,240,0,7,240,0,7,240,0,15,224         <032>
870 DATA 0,31,224,0,31,192,0,127,128,0,255
    ,128,3,255,0,15,254,0,255,252,0           <072>
880 DATA 255,248,0,255,224,0,255,192,0,255
    ,0,0,240,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0              <128>
890 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,73,141,47
    ,73,81,72,122,81,140,75,209,72,74         <172>
900 DATA 77,47,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
    ,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0              <070>
910 DATA 0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0
    ,0,0,112,0,0,72,0,0,120,0,0,80,0          <018>
920 DATA 0,72,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,
    0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0               <236>
930 REM SYSTEM DATAS                          <048>
940 :                                         <154>
950 DATA 169,251,141,40,3,169,0,141,5,212,
    169,240,141,6,212,169,200,141,1           <236>
960 DATA 212,169,69,141,0,212,169,17,141,4
    ,212,162,0,32,15,249,162,0,189,187        <008>
970 DATA 238,157,0,48,232,208,247,189,187,
    239,157,0,49,232,224,128,208,245          <174>
980 DATA 162,0,160,192,152,157,248,7,200,2
    32,224,6,208,246,169,2,141,39,208         <017>
990 DATA 141,40,208,141,41,208,141,42,208,
    169,0,141,43,208,141,44,208,141           <115>
1000 DATA 29,208,141,23,208,169,159,141,0,
     208,141,2,208,169,125,141,1,208,141      <200>
1010 DATA 7,208,169,183,141,4,208,141,6,20
     8,169,104,141,3,208,141,5,208,169        <212>
1020 DATA 168,141,8,208,169,192,141,10,208
     ,169,115,141,9,208,141,11,208,162        <100>
1030 DATA 7,160,18,24,32,240,255,169,73,16
     0,250,32,30,171,169,63,141,21,208        <201>
1040 DATA 162,13,160,13,24,32,240,255,162,
     131,32,15,249,162,14,160,13,24,32        <245>
1050 DATA 240,255,162,149,32,15,249,162,15
     ,160,13,24,32,240,255,162,167,32         <250>
1060 DATA 15,249,173,141,2,201,4,208,249,1
     65,203,201,1,208,243,162,14,160,14       <239>
1070 DATA 24,32,240,255,162,185,32,15,249,
     169,0,133,198,141,254,207,162,14         <141>
1080 DATA 160,15,24,32,240,255,166,198,236
     ,254,207,240,249,169,15,141,24,212       <146>
1090 DATA 169,88,32,22,231,32,65,249,169,0
     ,141,24,212,238,254,207,174,254,207      <155>
1100 DATA 224,10,208,221,160,0,173,0,221,4
     1,40,201,40,240,18,160,10,201,32         <221>
1110 DATA 240,12,160,20,201,8,240,6,160,30
     ,197,0,240,0,162,0,189,119,2,217         <133>
1120 DATA 33,250,208,9,200,232,224,10,208,
     242,76,133,248,169,147,32,22,231         <218>
1130 DATA 169,0,141,21,208,76,44,247,162,7
     ,160,18,24,32,240,255,169,111,160        <143>
1140 DATA 250,32,30,171,169,0,141,21,208,1
     62,14,160,15,24,32,240,255,162,199       <065>
1150 DATA 32,15,249,162,100,160,255,32,65,
     249,202,208,248,162,0,189,192,248        <103>
1160 DATA 157,0,207,232,224,253,208,245,76
     ,0,207,173,0,221,41,239,141,0,221        <152>
1170 DATA 162,0,232,208,253,162,255,120,15
     4,216,232,142,22,208,32,163,253,32       <117>
1180 DATA 80,253,32,21,253,32,91,255,88,32
     ,83,228,32,191,227,32,68,166,162         <020>
1190 DATA 251,154,169,1,160,249,162,14,32,
     189,255,169,1,160,15,162,8,32,186        <173>
1200 DATA 255,32,192,255,176,0,169,1,32,19
     5,255,76,226,252,32,160,15,140,24        <020>
```

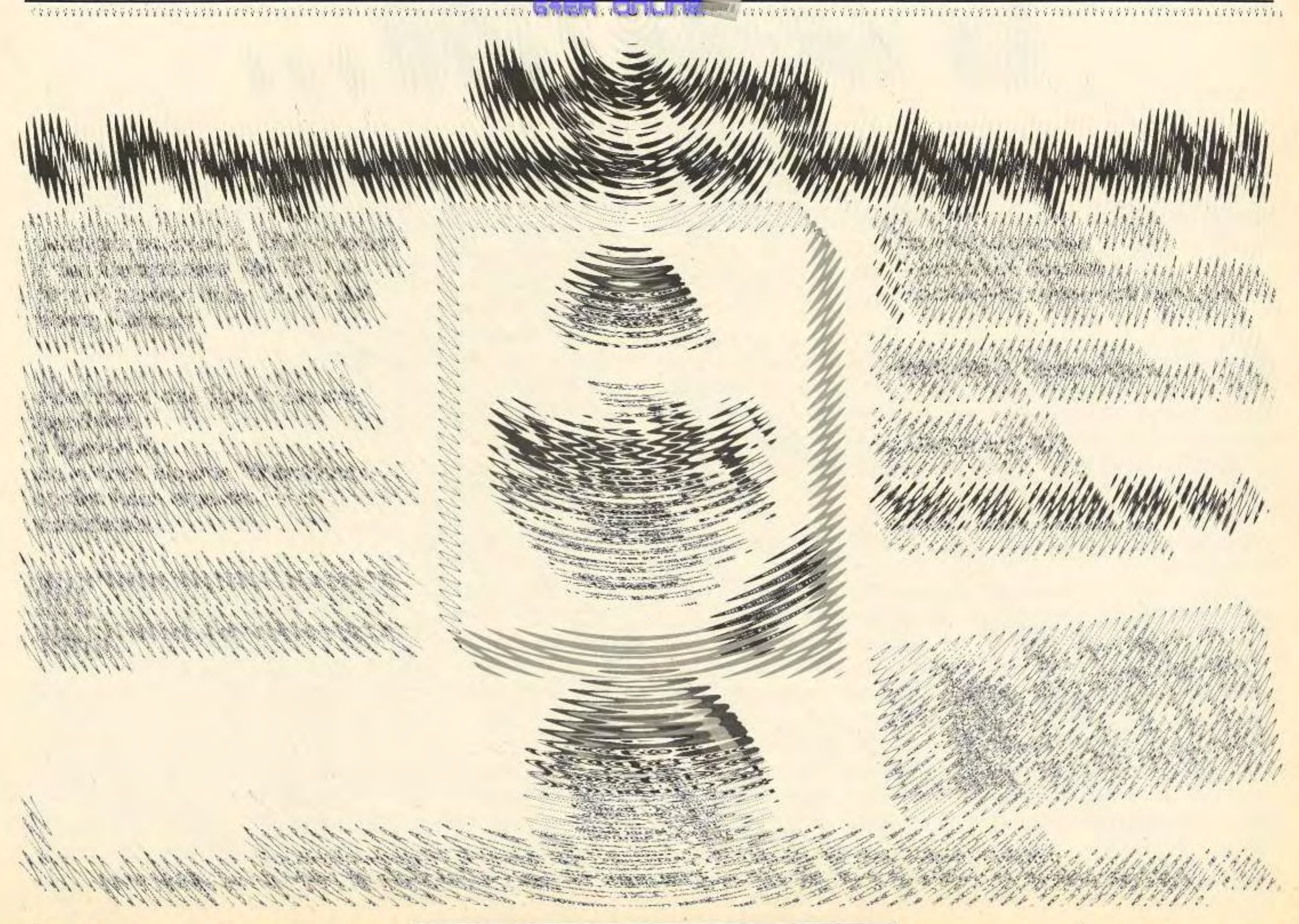
Listing 1. Das Generatorprogramm für das Sicherheitssystem

```
1210 DATA 212,189,79,249,240,34,32,22,231,
     201,32,240,23,201,13,240,19,169,161   <198>
1220 DATA 32,22,231,169,157,32,22,231,32,6
     5,249,140,24,212,32,65,249,232,76     <219>
1230 DATA 15,249,160,0,140,24,212,96,160,5
     ,206,255,207,173,255,207,208,248      <115>
1240 DATA 136,208,245,96,14,146,147,32,17,
     18,5,32,42,42,42,42,32,195,32,54      <006>
1250 DATA 52,32,211,69,67,85,82,73,84,89,3
     2,211,89,83,84,69,77,32,32,214,51     <026>
1260 DATA 46,49,32,42,42,42,42,32,13,32,32
     ,32,32,32,32,32,32,40,67,41,32,66     <010>
1270 DATA 89,32,194,69,82,78,72,65,82,68,3
     2,200,69,78,76,69,73,78,32,13,32      <030>
1280 DATA 32,32,32,32,32,32,32,32,32,32,32
     ,32,32,32,50,53,46,48,50,46,49,57     <125>
1290 DATA 56,54,32,13,13,32,32,32,32,32,32
     ,32,32,32,32,32,32,32,32,32,32,32     <197>
1300 DATA 32,45,45,45,45,32,0,158,176,192,
     192,192,192,192,192,192,192,192,192   <241>
1310 DATA 192,192,174,146,32,0,18,221,206,
     207,32,197,206,212,210,193,206,195    <086>
1320 DATA 197,33,221,146,32,0,18,173,192,1
     92,192,192,192,192,192,192,192,192    <161>
1330 DATA 192,192,189,146,32,0,18,32,45,45
     ,45,45,45,45,45,45,45,45,32,0,32      <019>
1340 DATA 215,197,204,204,195,207,205,197,
     32,0,85,83,83,71,82,79,87,76,69,82    <058>
1350 DATA 87,73,87,79,71,73,84,82,85,77,74
     ,73,77,32,75,78,79,80,70,32,74,65     <067>
1360 DATA 77,69,83,32,66,79,78,68,172,18,3
     2,32,17,157,157,157,32,32,32,32,17    <252>
1370 DATA 157,157,157,157,32,32,32,32,17,1
     57,157,157,157,32,32,32,32,17,157     <211>
1380 DATA 157,157,162,162,158,0,146,32,32,
     32,17,157,157,157,32,32,32,32,17      <072>
1390 DATA 157,157,157,157,32,32,32,32,17,1
     57,157,157,157,32,32,32,32,17,157     <231>
1400 DATA 157,157,32,32,18,0               <064>
```

Listing 1. Das Generatorprogramm für das Sicherheitssystem (Schluß)

210	Basic-Ende herabsetzen auf $6000 M=$6000 für Kernel im Bereich $6000-$8000
220 - 260	Kernel ins RAM ab »M« übertragen
270 - 290	JMP $F72C = Programmstart in Basic Warmstart poken
300 - 310	neue Bildschirmfarben setzen
320 - 360	Modul-Autostart verändern
370 - 380	Initialisierung des CIA (U2) während des Resets verändern
390 - 440	Daten für Spriteschild lesen und eintragen
450 - 510	Daten des Masch. Prg. lesen und eintragen
520 - 560	Eingabe der Einschaltmeldung
570 - 610	Eingabe der vier Paßwörter
620 - 650	Einschaltmeldung in Speicher poken
660 - 710	Paßwörter in Speicher poken
720 - 740	Schlußmeldung und Ende des Programms
770 - 920	DATAs für Spriteschild
950 - 1400	DATAs für Masch. Prg.

Tabelle 2. Wichtige Zeilen im Programm





Es werde Licht...

Gehören Sie auch zu jenen Besitzern eines C 128, bei denen der Computer manchmal ungenutzt herumsteht? Wenn das zutrifft und Sie zudem noch ein Fan von computergesteuerten Lichtorgeln und Lauflichtern sind, dann ist die folgende Anwendung genau das Richtige für Sie.

Einmal ganz ehrlich: Wie oft arbeiten Sie an Ihrem Computer? Wie oft hören Sie Musik, und der Computer steht unbenutzt herum? Wenn Sie jetzt sagen: Es passiert schon öfters, daß ich nicht am Computer sitze und statt dessen Musik höre, und wenn Sie zudem noch ein Fan von Lichtorgeln und Lauflichtern sind, dann haben wir mit der »Lichtorgel 128« genau das Richtige für Sie.

Bei der Lichtorgel 128 handelt es sich um ein Programm für eine Hardware-Erweiterung des C 128, die es einem erlaubt, den Computer als »Lightmachine« einzusetzen. Er wird zur vollelektronischen 8-Kanal-Lichtorgel mit eingebauten Lauflichtprogrammen. Sie können die Lauflichter dabei von der Musik abhängig machen oder nicht. Die Lichtorgel ist frequenzabhängig, und die acht Kanäle können beliebigen Frequenzen zugeordnet werden. Natürlich funktioniert die ganze Angelegenheit in Stereo, so daß sowohl der rechte als auch der linke Kanal jeweils vier Lampen ansteuert.

Realisiert wird die Lichtorgel mit einem Maschinenprogramm, das auf dem C 128 im C 128-Modus läuft. Zusätzlich wird an beiden Control-Ports eine Schaltung angeschlossen, die den Computer mit der Stereoanlage verbindet. Es handelt sich hierbei um ein aktives Klangfilter, wobei mit »aktiv« gemeint ist, daß die eingestellten Frequenzen durch Operationsverstärker angehoben werden. Eingestellt werden können dabei ein Tiefpaß-, zwei Bandpaß- und ein Hochpaß-Filter, so daß eine durchaus professionelle, frequenzselektive Lichtorgel entsteht. Der Anschluß der Klangregelstufe an die Stereoanlage erfolgt über ein herkömmliches DIN-Kabel, so daß keinerlei Anschlußprobleme auftreten dürften. Auch einfache Kassettenrekorder sind in der Regel mit einem solchen Anschluß ausgestattet.

Die Ansteuerung der Lampen erfolgt über acht frei programmierbare Leitungen des User-Ports. Will man 220-Volt-Lampen anschließen, so muß eine Triac-Endstufe verwendet werden.

Bei dem Programm Lichtorgel 128 in Listing 1 handelt es sich um die komplette Software zur Ansteuerung der Lichtorgel. Wir wollen uns nun einmal mit der Bedienung des Programms beschäftigen.

Wenn Sie Lichtorgel 128 laden und starten, dann erscheint ein Bildschirmaufbau, der sämtliche wichtigen Parameter für die Bedienung der Lichtorgel enthält. Im grauen Feld am oberen Bildschirmrand befindet sich die Anzeige der Lampen. Diese Anzeige gibt immer genau den Zustand der am User-Port anliegenden Signale an. Wenn noch kein Steuersignal anliegt, müssen alle Lampen dunkel erscheinen.

Unten links auf dem Bildschirm befinden sich vier schwarze Anzeigen. Sie sind von 1 bis 4 durchnumeriert und mit den Beschriftungen »Tiefpass«, »Bandpass 1«, »Bandpass 2« und »Hochpass« versehen. Es handelt sich hierbei um die Level-Anzeigen der vier Musikfrequenzbereiche, die an den Paddle-Eingängen anliegen. Bei einem auftretenden Signal

füllen sich die schwarzen Felder von links nach rechts mit blauen Balken, ähnlich der Aussteuerungsanzeige einer HiFi-Anlage. Die Länge des blauen Balkens ist dabei ein Maß für die am Paddle-Eingang anliegende Spannung und somit für die Stärke des Musiksignals. In jeder Anzeige befindet sich außerdem noch ein kleiner, senkrechter weißer Strich. Erreicht das auftretende blaue Feld diesen Strich, so wird das anliegende Signal als vorhanden erkannt, und die Lichtorgel reagiert darauf. Die vier weißen Striche (Einschaltschwelle des jeweiligen Kanals) können, voneinander unabhängig, nach links oder rechts verschoben werden. Die Einschaltschwelle kann so für jeden Kanal separat eingestellt werden. Das geschieht wie folgt:

Drücken Sie die Taste <L> (für Level). Am Ende der Anzeige #1 erscheint jetzt ein weißer Pfeil. Die Anzeige, hinter der der Pfeil steht, kann jeweils durch die Tasten <CRSR>-links und <CRSR>-rechts verändert werden. Wollen Sie die Einstellung für einen anderen der vier Kanäle vornehmen, so verwenden Sie für das Anwählen einer anderen Anzeige die Tasten <CRSR>-hoch und <CRSR>-unten. Wichtig ist dabei, daß für die Einstellungen nur die vier getrennten Cursor-Tasten beim C 128 funktionsfähig sind. Ist alles zur Zufriedenheit erledigt, so quittieren Sie die Einstellung bitte mit der <RETURN>- oder <ENTER>-Taste.

Unter dem grauen Feld mit der Anzeige der einzelnen Lampen befindet sich die Statusanzeige von Lichtorgel 128. Nach dem Start des Programms sind alle Lampen auf Normalbetrieb geschaltet (Anzeige »n« unter jeder Lampennummer). Weitere Möglichkeiten der Einstellung sind: Reverse Schaltung der Lampe (Anzeige »r«), Lampe permanent eingeschaltet (Anzeige »p«) und Lampe ausgeschaltet (Anzeige »a«). Mit reverser Anzeige ist gemeint, daß die jeweilige Lampe immer entgegen des entsprechenden Kanalpegels geschaltet wird. Liegt kein Pegel an, so ist die Lampe eingeschaltet, liegt ein gültiger Pegel an, so ist die Lampe aus.

Unter der Statuszeile befindet sich eine Zeile, in der die Frequenzzuordnung einer Lampe angezeigt wird. Jeder Lampe kann eines der vier Frequenzbänder zugeordnet werden. Erreicht also beispielsweise das Levelmeter #1 (Tiefpaß) die Einschaltschwelle, so werden alle Lampen angesteuert, denen die Frequenz #1 zugeordnet ist. Nach dem Start von Lichtorgel 128 sind das die Lampen 7 und 3.

Die Einstellung der einzelnen, eben beschriebenen Parameter funktioniert wie folgt:

Drücken Sie die Taste <S> für Status. In der Statuszeile erscheint jetzt die Lampennummer 0 revers. Dieser Lampe kann jetzt durch Druck auf die Tasten <1> bis <4> eines der vier Frequenzbänder zugeordnet werden. Durch Drücken der Tasten <N>, <R>, <P> und <A> wird der Status einzelner Lampen, wie oben beschrieben, festgelegt. Mit den Tasten <CRSR>-links und <CRSR>-rechts können die einzelnen Lampen angewählt werden. Die entsprechende Lampennummer erscheint jeweils revers. Mit <ENTER> oder <RETURN> werden alle Einstellungen für den Betrieb übernommen.

Auch manueller Betrieb ist möglich

Durch Druck auf die Taste <Q> erscheint die Angabe hinter »Quelle« revers. Diese Angabe kann entweder »Audio« oder »Manuell« lauten. »Audio« besagt dabei, daß die Steuerung der Lichtorgel von einem Signal über das DIN-Kabel erfolgt. Schalten Sie auf manuellen Betrieb um, so erfolgt die Steuerung der Lichtorgel über die <SHIFT>-Taste. Bei jedem Druck der <SHIFT>-Taste wird dann ein maximaler Eingangspegel auf allen vier Frequenzbändern simuliert. Neben der <SHIFT>-Taste kann auch die <SPACE>-Taste für die Steuerung verwendet werden. Bei der manuellen Betriebsart wird auffallen, daß nicht beliebig kurze Schaltzeiten der Lampen realisiert werden können. Das hängt mit dem Faktor »Delay« zusammen, der ebenfalls verändert werden kann. Drücken Sie dazu die Taste <D>. Jetzt sind Sie in der Lage, den blauen Balken in der Delay-Anzeige mit Hilfe von <CRSR>-rechts und <CRSR>-links in seiner Größe zu verändern. Je länger der Balken dabei ist, um so größer ist die Verzögerung an den Steuereingängen der Lichtorgel. Das erlaubt eine Einstellung der Lampen vom »hektischen« Flackern bis hin zum ruhigen, musikabhängigen Blinken. Ein einzelner Schritt des blauen Balkens entspricht dabei einer 1/30 Sekunde. Soll die Lichtorgel ein optisch schönes Bild liefern, so ist es empfehlenswert, mindestens 1/30 Sekunde Verzögerung einzustellen.

Lauflicht oder Lichtorgel

Zu unserem Programm fehlt uns jetzt nur noch eine letzte Einstellmöglichkeit. Es handelt sich um die Einstellung »Modus«. Hier ist es möglich, zwischen der Lauflicht- und der Lichtorgelfunktion von Lichtorgel 128 umzuschalten.

Um auf »Lauflicht« umzuschalten, drücken Sie die Taste <M>. »Modus« erscheint nun in reverser Darstellung. Durch einen weiteren Tastendruck können Sie nun zwischen der Anzeige »Lauflicht« und »Lichtorgel« hin- und herschalten.

Ist die Lichtorgel angewählt, so bleibt alles, wie beschrieben. Im Modus Lauflicht kommen jedoch noch weitere Meldungen auf den Bildschirm.

»Frequenz« zeigt an, welcher der vier Musikkanäle zur Steuerung des Lauflichts herangezogen wird. Das Lauflicht benötigt nur eine Frequenz zur Ansteuerung, so daß Sie zwischen »Tiefpass«, »Bandpass 1«, »Bandpass 2« und »Hochpass« wählen können. Dazu drücken Sie die Taste <F>. Das Programm wartet jetzt auf eine der Tasten <1> bis <4>. Drücken Sie die Taste für den gewünschten Kanal, und danach kehrt Lichtorgel 128 automatisch wieder in den Lauflichtmodus zurück. Die Frequenzzuordnung unter der Statuszeile ist für die Funktion Lauflicht ohne Belang.

Damit Sie den Aufbau und das System der Lauflichtsteuerung besser verstehen, sollten Sie den Status jeder Lampe wieder auf »n« einstellen.

Unter »Frequenz« ist auf dem Bildschirm noch eine weitere neue Zeile erschienen: die Zeile »Programm #00«. Da wir es in unserem Fall mit einem computergesteuerten Lauflicht zu tun haben, existiert natürlich beim Lauflicht nicht nur die Möglichkeit, ein Lichtsignal von einer Seite auf die andere zu schieben. Lichtorgel 128 bietet Ihnen vielmehr die Möglichkeit, mehrere Lauflichtprogramme ablaufen zu lassen, die unterschiedlichen ästhetischen Gesichtspunkten entsprechen.

Hinter der Angabe »Programm #« finden Sie nach dem Start des Lauflichtmodus die Angabe »00«, was bedeutet daß das Lauflicht ausgeschaltet ist. Sie können nun mit Hilfe der Tasten <+> und <-> eine Programmnummer zwischen 0 und 25 einstellen, wobei auf dem Bildschirm das jeweilige Schema des eingestellten Programms angezeigt wird.

Bei einigen Lauflichtprogrammen, die Lampensignale verschieben, muß erst einmal ein Signal vorhanden sein, das verschoben werden kann. Das heißt, es muß eine bestimmte Lampenkonfiguration vorhanden sein, wobei einige Lampen ein- und andere ausgeschaltet sind. Das Einstellen einer solchen Konfiguration geschieht durch das Drücken der Taste <K> (Konfiguration setzen). Jetzt erscheint die Lampennummer 7 revers, wobei diese Lampe mit <1> ein- und mit <0> ausgeschaltet werden kann. Danach wird die Lampennummer 6 revers, und auch diese Lampe kann ein- oder aus-

geschaltet werden und so weiter. Nachdem die letzte Lampe auf diese Weise eingestellt wurde, springt das Programm wieder in den Lauflichtmodus, und die Einstellung wird an den User-Port übergeben. In Tabelle 1 sehen Sie eine Übersicht über die eingebauten Lauflichtprogramme.

Für die Anwender unter Ihnen, die die Maschinensprache beherrschen, wollen wir an dieser Stelle noch beschreiben, wie man eigene Lauflichtprogramme in Lichtorgel 128 einbauen kann.

Eigene Lauflichtprogramme entwickeln

Im Speicher des C128 befinden sich ab der Speicherstelle $3300 die Bilder, die bei jedem Programm rechts unten ausgegeben werden. Ein Bild besteht aus 64 Byte, aufgeteilt in vier Zeilen zu je 16 Byte. Die Bytes beinhalten zeilenweise den Bildschirmcode des auszugebenden Bildes.

Die Anzahl der Programme, die mit <+> und <-> aufgerufen werden können, muß in Speicherstelle $2AFC abgelegt werden. Je nachdem, wie viele Programme Sie ergänzen, muß dieser Wert entsprechend erhöht werden.

Ab Speicherstelle $2E60 befindet sich eine Tabelle, die die einzelnen Sprungvektoren für jedes Programm im L/H-Format enthält. $2E60/2E61 zeigt auf Programm #01, $2E62/2E63 zeigt auf Programm #02 und so weiter.

Will man eigene Programme in Lichtorgel 128 einbauen, so schreibt man die Programmadresse folgendermaßen in die Tabelle:

```
POKE DEC("2E60")+2*Programmnummer, Adresse Lo
POKE DEC("2E60")+2*Programmnummer+1, Adresse Hi
```

Adresse Lo und Hi beinhalten die Adresse, ab der das neue Lauflichtprogramm steht, welches mit $60 (RTS) abgeschlossen sein muß.

Ist die Programmadresse eingebaut, so muß die Anzahl der vorhandenen Programme in $2AFC um eins erhöht werden, um Lichtorgel 128 das Vorhandensein eines weiteren Programms anzuzeigen.

Das eigene Lauflichtprogramm startet bei Adresse Hi * 256 + Adresse Lo. Dieses Programm muß lediglich die Speicherstelle $FC (dezimal 252) in der Zero-Page verändern. Diese Speicherstelle gibt den Zustand der Lampen wieder, wobei jedes Bit für eine Lampe steht. Verwenden darf das eigene Lauflichtprogramm lediglich den Akkumulator und das X-Register. Das Y-Register wird von Lichtorgel 128 verwendet und müßte bei Bedarf »gerettet« werden.

Sind alle Änderungen und Zusätze eingebaut, so sollte Lichtorgel 128 mit dem TEDMON gespeichert werden:

```
S"LICHTORGEL 128", GA, 01C00, 03FFF <RETURN>
```

Am Programm wird Ihnen vielleicht aufgefallen sein, daß alle Lampen auf dem Bildschirm mit einer anderen Farbe angezeigt werden. Diese Einstellung ist empfehlenswert, wenn die Lampen der Lichtorgel in der gleichen Reihenfolge die gleichen Farben aufweisen. Sollen diese jedoch geändert werden, so kann Lichtorgel 128 daraufhin angepaßt werden. Die Farbcodes für die Anzeige auf dem Bildschirm stehen ab der Adresse $1C12 bis $1C19 in der gleichen Reihenfolge, wie sie auf dem Bildschirm erscheinen.

Nun einige Angaben zur Hardware:

Die benötigte Hardware-Erweiterung gliedert sich in zwei Teile: in eine Frequenzweiche und Triac-Endstufen.

– Frequenzweiche

Um in der Betriebsart Lichtorgel eine ausreichende Frequenzabhängigkeit der einzelnen Lampen zu erreichen und im Lauflichtmodus die Steuerfrequenz auszuwählen, ist es nötig, das vorhandene Audio-Signal in verschiedene Fre-

Programm 01:	Lauflicht normal, linkslaufend. Die eingestellte Lampenkonfiguration wird nach links verschoben. Ein links hinausgeschobenes Signal erscheint wieder rechts.
Programm 02:	Analog zu Programm 01, jedoch rechtslaufend.
Programm 03:	Lauflicht geteilt in zweimal vier Lampen. Beide Viererblöcke laufen nach innen (zueinander). Signale, die in der Mitte verschwinden, erscheinen wieder an den jeweiligen Außenseiten. Um die Wirkung dieses Programms zu erkennen, muß auf jeder Seite mindestens eine Lampe gesetzt sein.
Programm 04:	Wie Programm 3; Signale laufen jedoch nach außen.
Programm 05:	Wie Programm 3; Signale laufen beide nach links.
Programm 06:	Wie Programm 3; Signale laufen beide rechts.
Programm 07:	Lauflicht normal, rechtslaufend. Bei jedem Takt wird die Lampenkonfiguration rechts verschoben. Die Lampe an der linken Seite wird zufällig gesetzt oder gelöscht.
Programm 08:	Wie Programm 7; jedoch linkslaufend.
Programm 09:	Lauflicht geteilt, beide Hälften nach innen laufend. Signal wird an den Außenseiten synchron zufällig gesetzt oder gelöscht.
Programm 10:	Wie Programm 9; jedoch beide Hälften nach außen laufend. Die Lampen innen werden synchron zufällig gesetzt/gelöscht.
Programm 11:	Wie Programm 9; jedoch beide Hälften rechtslaufend.
Programm 12:	Wie Programm 11; jedoch beide Hälften linkslaufend.
Programm 13:	Wie Programm 9; Zufallssignal wird jedoch auf beiden Hälften separat gesetzt (asynchron).
Programm 14:	Wie Programm 10; Signal wird jedoch asynchron gesetzt.
Programm 15:	Wie Programm 11; Signal wird jedoch asynchron gesetzt.
Programm 16:	Wie Programm 12; Signal wird jedoch asynchron gesetzt.
Programm 17:	Bei jedem Takt wird das dezimale Signal am User-Port um 1 erhöht (inkrementiert).
Programm 18:	Bei jedem Takt wird das dezimale Signal am User-Port um 1 erniedrigt (dekrementiert).
Programm 19:	Zufallsreihenfolge aller Lampen bei jedem Takt.
Programm 20:	Lauflicht normal. Wenn ein Signal das Ende der Lampenreihe erreicht, wird die Laufrichtung beim nächsten Takt umgekehrt.
Programm 21 bis Programm 25:	Sequenzgesteuerter (fest programmierter) Ablauf der Lampenkonfiguration.

Anmerkungen des Autors:

Bei allen Programmen, bei denen Lampen zufällig gesetzt (Programme 7 bis 19) oder fest programmierte Sequenzen abgerufen werden (Programme 20 bis 25), muß am Anfang keine Konfiguration mit <K> eingestellt werden.

Die Programme, bei denen die acht Lampen in zwei Viererblöcke unterteilt sind (Programme 3 bis 6 und 9 bis 18), wurden geschrieben, da bei mir die acht Lampen in zweimal vier Reihen angebracht sind. Die Lampen können selbstverständlich auch anders im Raum verteilt werden, jedoch kommen bei der beschriebenen Montage die Effekte der einzelnen Programme am besten zur Geltung.

Tabelle 1. Die verschiedenen Lichtorgelprogramme im Überblick

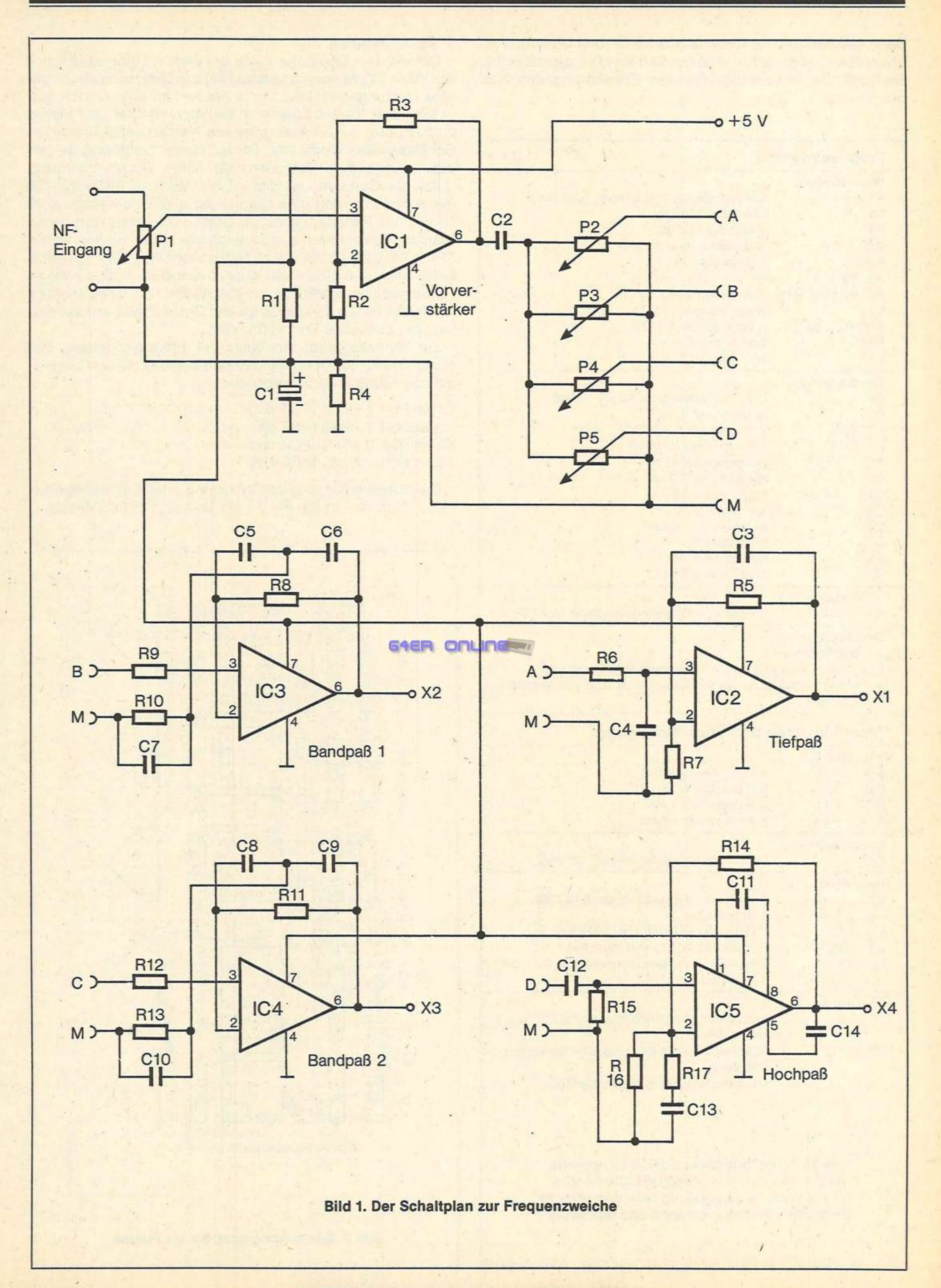


Bild 1. Der Schaltplan zur Frequenzweiche

quenzbänder zu unterteilen und diese an den Computer zu übergeben. Diese Aufgabe übernimmt eine Frequenzweiche. Sie stellt die eigentliche Hardware-Erweiterung des Programms dar.

Frequenzweiche:

Widerstände:	
P1 ... P5:	5 Potentiometer 22 kΩ linear, 0,25 Watt
R1:	Widerstand 680 Ω
R2:	Widerstand 5,6 kΩ
R3:	Widerstand 100 kΩ
R4:	Widerstand 1 kΩ
R5, R8, R11:	3 Widerstände 560 kΩ
R6, R9, R12, R15:	4 Widerstände 22 kΩ
R7:	Widerstände 4,7 kΩ
R10, R13, R17:	3 Widerstände 2,2 kΩ
R14:	Widerstand 820 kΩ
R16:	Widerstand 47 kΩ
Kondensatoren:	
C1:	Elektrolytkondensator 10 µF, 16 Volt
C2:	Kondensator 2,2 µF
C3, C13:	2 Kondensatoren 3,3 nF
C4, C10:	2 Kondensatoren 20 nF
C5:	Kondensator 100 nF
C6:	Kondensator 2,2 nF
C7:	Kondensator 47 nF
C8:	Kondensator 22 nF
C9:	Kondensator 220 pF
C11:	Kondensator 1 nF
C12:	Kondensator 10 nF
C14:	Kondensator 27 pF
Halbleiter:	
IC1 ... IC5:	5 Integrierte Operationsverstärker 741 DIP
Sonstiges:	
1	User-Port-Stecker
2	9polige Trapezkupplungen (Joystick-Anschlußbuchsen)
1	Dioden-, Cinch- oder Kopfhörerstecker (je nach vorhandenem Anschluß)

Triac-Endstufen und Stromversorgung:

Widerstände:	
R18 ... R25:	8 Widerstände 180 Ω
R26 ... R33:	8 Widerstände 1,5 kΩ
R34 ... R41:	8 Widerstände 1 kΩ
R42 ... R49:	8 Widerstände 470 Ω
Kondensatoren:	
C15:	Elektrolytkondensator 470 µF, 20 Volt
Halbleiter:	
D1:	Universalbrückengleichrichter B40 C800 oder ähnlicher
IC6 ... IC13:	8 Optokoppler Su 25 oder ähnliches
Tr1 ... Tr8:	8 Triacs TIC 201 D oder ähnliches
T1 ... T8:	8-npn-Silizium-Universaltransistoren BC 238 oder ähnliches
Sonstiges:	
U1:	Netzübertrager (Transformator) prim. 220 Volt, sek. 9 Volt, 3 VA
LQ ... L7:	8 Lampen 220 Volt (Leistung nach Wunsch bis 800 Watt)
	8 Lampenfassungen, Platine, Gehäuse

Tabelle 2. Die Bauteileliste für die Frequenzweiche und eine Triac-Endstufe. Die Kosten für die Bauteile (insgesamt) betragen etwa 70 Mark (ohne Platinen, Lampen und Gehäuse).

– Triac-Endstufen

Um mit dem Computer – wie bei einer Lichtorgel üblich – 220-Volt-Glühlampen anzusteuern, benötigt man pro Lampe eine Leistungsendstufe. Diese besteht im allgemeinen aus einem Triac, einem Transistor als Vorverstärker und einem Optokoppler zur Trennung der am Netzpotential liegenden Schaltung vom Computer. Da auf dieser Schaltung wegen des anliegenden Netzpotentials keine Stromversorgung durch den Computer möglich ist, benötigt man außerdem für die acht Endstufen eine gemeinsame Stromversorgung in Form eines Transformators. Die Stabilisierung der vom Transformator kommenden gleichgerichteten Spannung ist unkritisch; es genügt ein Elektrolytkondensator. Die gesamte Schaltung ist einfach und ohne besondere Vorkenntnisse aufzubauen, weshalb wir auf das Abdrucken eines Layouts verzichtet haben. Die Eingänge der Optokoppler werden einfach mit dem User-Port verbunden.

Zur Schaltungsbeschreibung der Frequenzweiche: Die Ausgänge X1 bis X4 der Platine sind wie folgt mit den Eingängen der Control-Ports verbunden:

X1 an Port 1 Pin 9 (POT AX)
X2 an Port 1 Pin 5 (POT AY)
X3 an Port 2 Pin 9 (POT BX)
X4 an Port 2 Pin 5 (POT BY)

Die Stromversorgung der Schaltung erfolgt ebenfalls über einen Control-Port mit Pin 7 (+5 Volt) und Pin 8 (Masse).

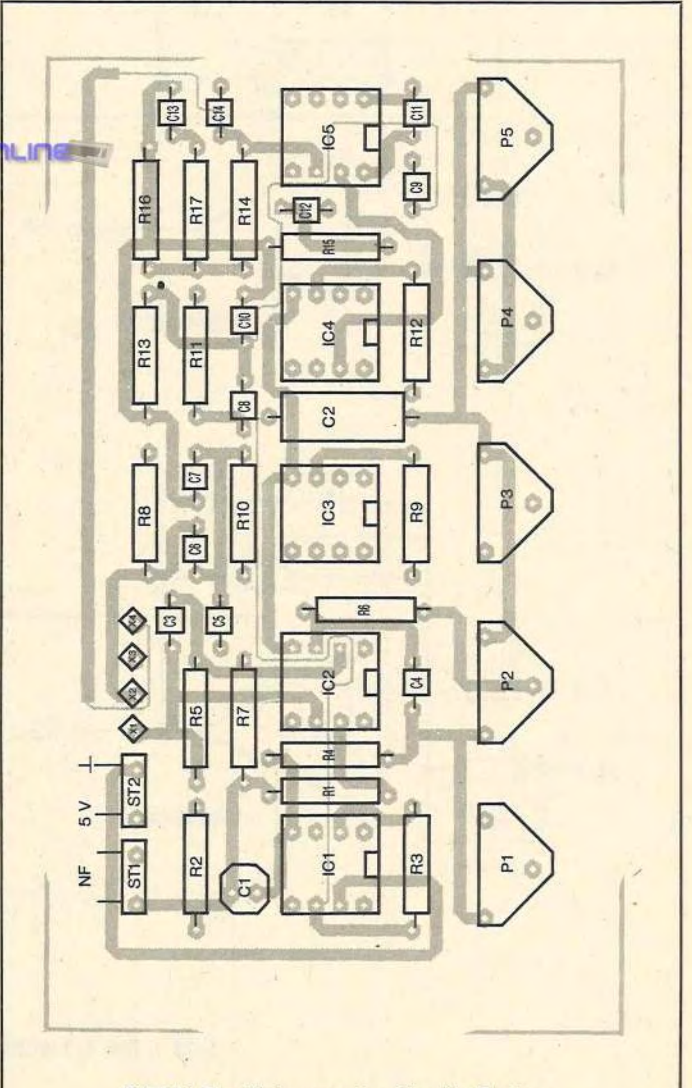


Bild 2. Bestückungsplan für die Platine

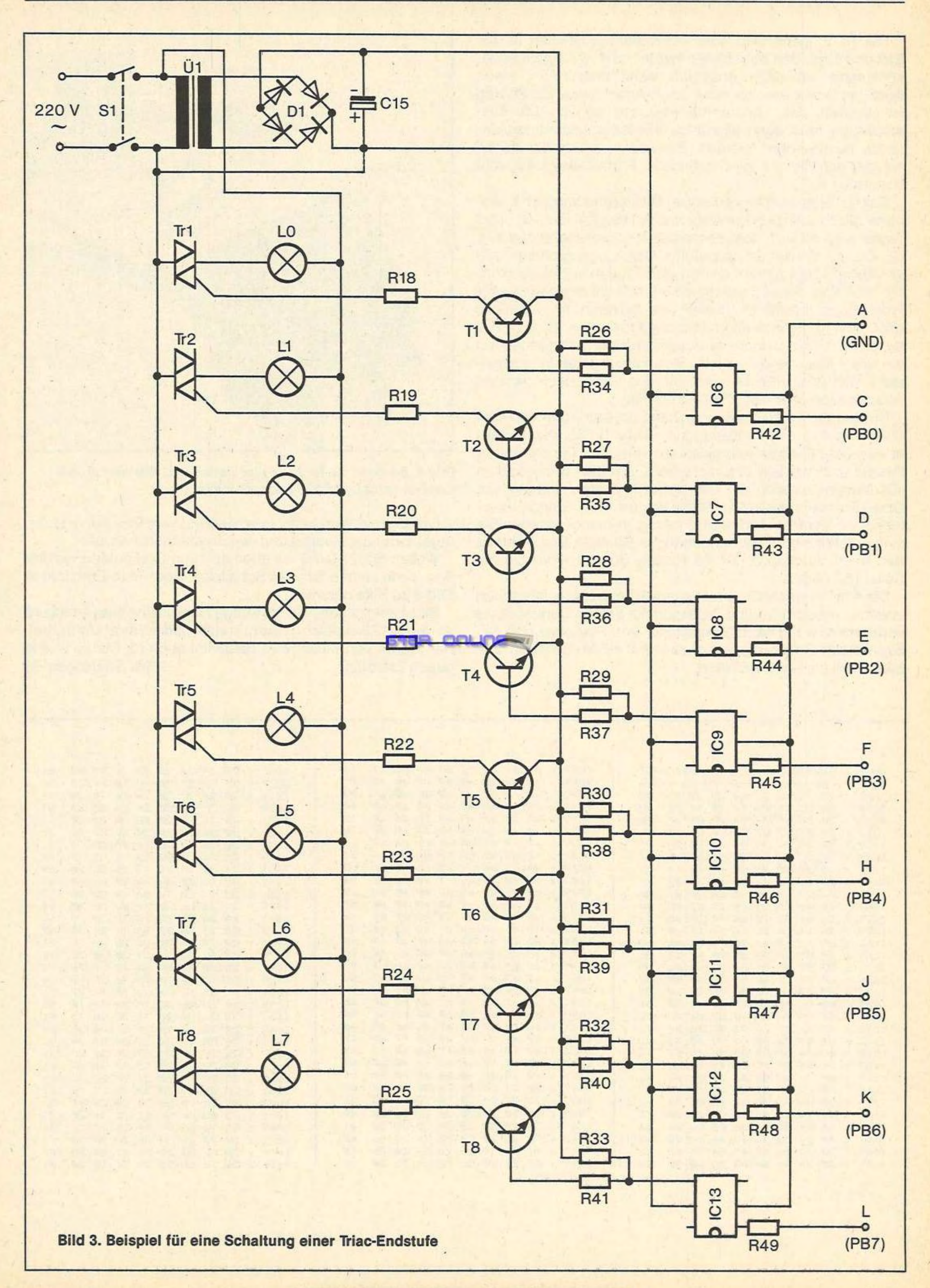


Bild 3. Beispiel für eine Schaltung einer Triac-Endstufe

Der NF-Eingang wird über ein Kabel mit Stecker an die Stereoanlage, den Kassettenrekorder oder das Radio angeschlossen. Je nach Anschluß wählt man dabei einen 5poligen Diodenstecker oder Cinch-Anschlüsse. Ein Betrieb ist ebenfalls über die Kopfhörerbuchse möglich. Die Aussteuerung muß dann allerdings bei jeder Lautstärkenkorrektur nachgeregelt werden. Sie sollten außerdem darauf achten, daß Sie den NF-Eingang der Frequenzweiche nicht übersteuern.

Das NF-Signal gelangt zuerst an das Potentiometer P1, welches als Empfindlichkeitsregler aller Kanäle fungiert. Das Signal wird danach dem Vorverstärker (bestehend aus IC1, C1, C2 und R1 bis R4) zugeführt. Der Ausgang dieses Vorverstärkers liegt parallel an den vier Empfindlichkeitsreglern P2 bis P5 an. So wird gewährleistet, daß die Signalstärke für jeden Kanal individuell gewählt werden kann. Im Schaltbild (Bild 1) sind die Potentiometerausgänge mit A, B, C und D bezeichnet. Sie werden entsprechend mit den Eingängen der vier Filter, die die gleiche Bezeichnung haben, verbunden. Der Anschluß M wird mit den gleichbezeichneten Anschlüssen aller vier Filter verbunden.

Bei den vier Filterschaltungen handelt es sich um allgemein übliche aktive Filterschaltungen. Aktiv heißt, der jeweils erwünschte Frequenzbereich wird verstärkt. Die restlichen Frequenzen werden abgeschwächt. Bei den verwendeten ICs handelt es sich um die weitverbreiteten, integrierten Operationsverstärker 741. Diese kosten in der Standardausführung in der Regel unter 80 Pfennig. In Tabelle 2 sehen Sie eine Aufstellung sämtlicher benötigter Bauteile. Bild 2 enthält den Bestückungsplan für die Platine, deren Layout Sie auf Seite 157 finden.

Die Ausgänge der Operationsverstärker werden, wie schon erwähnt, mit den Paddle-Eingängen der beiden Control-Ports verbunden, wo je nach Signalstärke und Frequenz des NF-Signals eine Spannung zwischen 0 und +5 Volt in einen digitalen Wert umgewandelt wird.

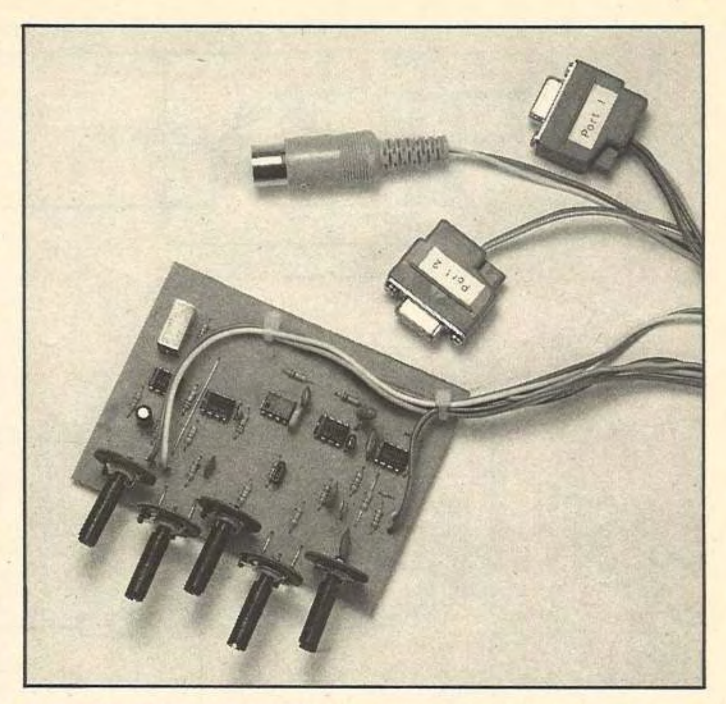


Bild 4. So sieht die fertige Filterplatine aus. Sie wird an die Control-Ports des C128 angeschlossen.

Der digitale Wert kann anschließend vom Programm Lichtorgel 128 ausgewertet und weiterverarbeitet werden.

Wollen Sie 220-Volt-Lampen an Ihren Computer anschließen, dann sollten Sie den Schaltplan einer Triac-Endstufe in Bild 3 zu Hilfe nehmen.

Bild 4 zeigt Ihnen, wie die fertige Filterplatine zum Anschluß an den C 128 aussieht. Und nun viel Spaß mit Ihrer Lichtorgel. Das Hören von Musik wird bestimmt auch für Sie zu einem neuen Erlebnis. (R. Zwanziger/ks)

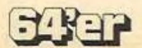
```
Name : lichtorgel 128      1cØ1 4ØØf
--------------------------------------
1cØ1 : Ød 1c c2 Ø7 9e 28 37 31   18
1cØ9 : 38 33 29 ØØ ØØ ØØ 4c cØ   d8
1c11 : 2d Øe Ø5 Ø7 Øa Øe Ø5 Ø7   9b
1c19 : Øa Ø3 Ø3 Ø1 Ø1 ØØ ØØ ØØ   96
1c21 : 41 15 Ø4 Ø9 Øf 2Ø 2Ø 2Ø   c2
1c29 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 54 Ø1 Øb   24
1c31 : 14 Ø7 Ø5 Øe Ø5 12 Ø1 14   d9
1c39 : Øf 12 4d Ø1 Øe 15 Ø5 Øc   7b
1c41 : Øc 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 4c   86
1c49 : Ø9 Ø3 Ø8 14 Øf 12 Ø7 Ø5   ØØ
1c51 : Øc 4c Ø1 15 Ø6 Øc Ø9 Ø3   51
1c59 : Ø8 14 2Ø 1f 1f 1f 1f eØ   81
1c61 : eØ eØ eØ ae 2Ø 74 61 ea   cØ
1c69 : Ø7 Ø7 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø Ø4   8c
1c71 : Ø3 Ø2 Ø1 Ø4 Ø3 Ø2 Ø1 fe   79
1c79 : af 2Ø 2Ø af 2Ø 2Ø ØØ ØØ   39
1c81 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   82
1c89 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   8a
1c91 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   92
1c99 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   9a
1ca1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   a2
1ca9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   aa
1cb1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   b2
1cb9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   ba
1cc1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   c2
1cc9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   ca
1cd1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   d2
1cd9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   da
1ce1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   e2
1ce9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   ea
1cf1 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ   f2
```

```
1cf9 : ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ ØØ aØ   3b
1dØ1 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   ØØ
1dØ9 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   Ø8
1d11 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   1Ø
1d19 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   18
1d21 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   2Ø
1d29 : aØ aØ aØ aØ aØ cc aØ c9   dc
1d31 : aØ c3 aØ c8 aØ d4 aØ cf   c7
1d39 : aØ d2 aØ c7 aØ c5 aØ cc   b8
1d41 : aØ aØ aØ aØ b1 aØ b2 aØ   9a
1d49 : b8 aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   6Ø
1d51 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   5Ø
1d59 : ef aØ aØ ef aØ aØ ef aØ   ce
1d61 : aØ ef aØ aØ ef aØ aØ ef   9b
1d69 : aØ aØ ef aØ aØ ef aØ aØ   b6
1d71 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   7Ø
1d79 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ e7   Ø7
1d81 : aØ e5 e7 aØ e5 e7 aØ e5   Øe
1d89 : e7 aØ e5 e7 aØ e5 e7 aØ   51
1d91 : e5 e7 aØ e5 e7 aØ e5 aØ   ab
1d99 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   98
1da1 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ   aØ
1da9 : f7 aØ aØ f7 aØ aØ f7 aØ   47
1db1 : aØ f7 aØ aØ f7 aØ aØ f7   8Ø
1db9 : aØ aØ f7 aØ aØ f7 aØ aØ   49
1dc1 : aØ aØ aØ aØ aØ aØ aØ 2Ø   bf
1dc9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   c9
1dd1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   d1
1dd9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   d9
1de1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   e1
1de9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 4c   42
1df1 : Ø1 Ød 1Ø Ø5 2Ø 23 2Ø 2Ø   f9
1df9 : 37 2Ø 2Ø 36 2Ø 2Ø 35 2Ø   27
```

```
1eØ1 : 2Ø 34 2Ø 2Ø 33 2Ø 2Ø 32   61
1eØ9 : 2Ø 2Ø 31 2Ø 2Ø 3Ø 2Ø 2Ø   ce
1e11 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   11
1e19 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   19
1e21 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   21
1e29 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   29
1e31 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   31
1e39 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 53   aØ
1e41 : 14 Ø1 14 15 13 2Ø 3a 2Ø   d9
1e49 : Øe 2Ø 2Ø Øe 2Ø 2Ø Øe 2Ø   ad
1e51 : 2Ø Øe 2Ø 2Ø Øe 2Ø 2Ø Øe   Ø3
1e59 : 2Ø 2Ø Øe 2Ø 2Ø Øe 2Ø 2Ø   44
1e61 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   61
1e69 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   69
1e71 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   71
1e79 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   79
1e81 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   81
1e89 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 46   d6
1e91 : 12 Ø5 11 2e 2Ø 2Ø 3a 2Ø   5c
1e99 : 34 2Ø 2Ø 33 2Ø 2Ø 32 2Ø   58
1ea1 : 2Ø 31 2Ø 2Ø 34 2Ø 2Ø 33   91
1ea9 : 2Ø 2Ø 32 2Ø 2Ø 31 2Ø 2Ø   b6
1eb1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   b1
1eb9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   b9
1ec1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   c1
1ec9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   c9
1ed1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   d1
1ed9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 51   3c
1ee1 : 15 Ø5 Øc Øc Ø5 2Ø 3a 2Ø   78
1ee9 : 41 15 Ø4 Ø9 Øf 2Ø 2Ø 2Ø   8a
1ef1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   f1
1ef9 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   f9
1fØ1 : 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø 2Ø   Ø1
```

```
1f09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
1f11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
1f19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
1f21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
1f29 : 20 20 20 20 20 20 20 4d  84
1f31 : 0f 04 15 13 20 20 3a 20  16
1f39 : 4c 09 03 08 14 0f 12 07  dc
1f41 : 05 0c 20 20 20 20 20 20  1c
1f49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
1f51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
1f59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
1f61 : 20 6f 6f 6f 6f 6f 20 20  36
1f69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
1f71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
1f79 : 20 20 20 20 20 20 20 44  c2
1f81 : 05 0c 01 19 20 20 3a 20  1c
1f89 : 67 20 20 20 20 20 74 20  22
1f91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
1f99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
1fa1 : 20 20 20 20 20 20 20 64  2a
1fa9 : 64 64 64 64 64 64 64 64  a9
1fb1 : 20 77 77 77 77 77 20 20  4e
1fb9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
1fc1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
1fc9 : 20 20 20 20 20 20 20 b1  ec
1fd1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
1fd9 : 74 54 09 05 06 10 01 13  65
1fe1 : 13 20 20 20 20 20 20 20  d4
1fe9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
1ff1 : 20 20 20 20 20 20 20 a0  f2
1ff9 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  f8
2001 : 74 20 20 20 20 20 20 20  55
2009 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
2011 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
2019 : 20 20 20 20 20 20 20 b2  3e
2021 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
2029 : 74 42 01 0e 04 10 01 13  ab
2031 : 13 20 31 20 20 20 20 20  69
2039 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
2041 : 20 20 20 20 20 20 20 a0  42
2049 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  48
2051 : 74 20 20 20 20 20 20 20  a5
2059 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
2061 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
2069 : 20 20 20 20 20 20 20 b3  90
2071 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
2079 : 74 42 01 0e 04 10 01 13  fb
2081 : 13 20 32 20 20 20 20 20  f9
2089 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
2091 : 20 20 20 20 20 20 20 a0  92
2099 : a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0 a0  98
20a1 : 74 20 20 20 20 20 20 20  f5
20a9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
20b1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
20b9 : 20 20 20 20 20 20 20 b4  e2
20c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
20c9 : 74 48 0f 03 08 10 01 13  b1
20d1 : 13 20 20 20 20 27 38 34  85
20d9 : 20 02 19 20 52 2e 5a 17  73
20e1 : 01 0e 1a 09 07 05 12 20  b2
20e9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
20f1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
20f9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
2101 : 17 fa 05 0e 0b 00 20 42  4e
2109 : c1 a2 00 a9 0f 9d 00 d8  e0
2111 : e8 e0 c8 d0 f8 a2 00 bd  d6
2119 : 00 1d 9d 00 04 bd 00 1e  7a
2121 : 9d 00 05 bd 00 1f 9d 00  27
2129 : 06 bd 00 20 9d 00 07 e8  da
2131 : d0 e5 a2 00 a0 00 bd 12  c2
2139 : 1c 99 81 d8 c8 c8 c8 e8  65
2141 : e0 08 d0 f2 a9 00 8d 20  c9
2149 : d0 8d 21 d0 20 85 22 a2  3e
2151 : 00 8e 1e 1c 8e 1f 1c 8e  13
2159 : 20 1c 8e 1d 1c 8e 1c 1c  ad
2161 : e8 e8 e8 8e 1a 1c 8e 1b  bc
2169 : 1c 60 ae 1d 1c a9 21 e0  5a
2171 : 00 f0 0a 18 69 0d e0 ff  f1
2179 : f0 03 18 69 0d 8d 84 21  b0
2181 : a2 00 bd 3b 1c 9d e9 05  5a
2189 : e8 e0 0d d0 f5 ea ae 1c  e8
2191 : 1c a9 48 e0 00 f0 03 18  74
2199 : 69 0a 8d a1 21 a2 00 bd  41
21a1 : 52 1c 9d 39 06 e8 e0 0a  cf
21a9 : d0 f5 a2 00 a9 0e 9d 49  31
21b1 : 05 e8 e8 e8 e0 18 30 f6  ff
21b9 : ad 1e 1c 85 fa a9 12 a0  b4
21c1 : 00 26 fa 90 03 99 49 05  d1
21c9 : c8 c8 c8 c0 18 30 f2 ad  6a
21d1 : 1f 1c 85 fa a9 10 a0 00  5d
21d9 : 26 fa 90 03 99 49 05 c8  8a
21e1 : c8 c8 c0 18 30 f2 ad 20  d2
21e9 : 1c 85 fa a9 01 a0 00 26  1d
21f1 : fa 90 03 99 49 05 c8 c8  99
21f9 : c8 c0 18 30 f2 20 70 22  64
2201 : 4a 4a 85 fa aa a8 e0 00  a4
2209 : f0 08 a9 a0 9d 89 06 ca  50
2211 : d0 fa a2 20 ad 1a 1c 29  79
2219 : 03 f0 12 c9 01 d0 02 a2  36
2221 : 74 c9 02 d0 02 a2 61 c9  63
2229 : 03 d0 02 a2 ea 8a 99 8a  e8
2231 : 06 ea a9 00 ea 4a 4a 85  4c
2239 : fa aa a8 e0 00 f0 08 a9  c9
2241 : a0 9d a1 06 ca d0 fa a2  3d
2249 : 20 a9 00 ea 29 03 f0 12  2e
2251 : c9 01 d0 02 a2 74 c9 02  08
2259 : d0 02 a2 61 c9 03 d0 02  fb
2261 : a2 ea 8a 99 a2 06 a9 74  38
2269 : 8d 8f 06 ea ea ea 60 a2  69
2271 : 00 a9 20 9d 8a 06 9d a2  96
2279 : 06 e8 e0 06 d0 f5 ad 1a  94
2281 : 1c 60 00 ff ad 04 0a 29  43
2289 : fe 8d 04 0a a2 38 8e f8  a8
2291 : 07 8e f9 07 e8 8e fa 07  3c
2299 : 8e fb 07 8e fc 07 8e fd  f7
22a1 : 07 a9 00 8d 10 d0 a9 e5  29
22a9 : 8d 01 d0 8d 03 d0 a9 20  3a
22b1 : 8d 00 d0 a9 31 8d 02 d0  d1
22b9 : a9 b5 8d 05 d0 18 69 10  d4
22c1 : 8d 07 d0 18 69 10 8d 09  68
22c9 : d0 18 69 10 8d 0b d0 a2  bb
22d1 : 00 a9 18 9d 5c 1c e8 e0  6c
22d9 : 04 d0 f8 a2 00 a9 ff 9d  60
22e1 : 60 1c e8 e0 04 d0 f8 a9  a3
22e9 : 3f 8d 15 d0 a9 00 8d 17  4d
22f1 : d0 a9 00 8d 1b d0 a9 00  26
22f9 : 8d 1c d0 a9 03 8d 1d d0  b0
2301 : a9 01 8d 27 d0 8d 28 d0  2f
2309 : a9 01 8d 29 d0 8d 2a d0  7f
2311 : 8d 2b d0 8d 2c d0 a9 58  ba
2319 : a2 04 9d 00 d0 e8 e8 e0  de
2321 : 0b 30 f7 a2 04 a9 0e 9d  97
2329 : 8a da 9d a2 da ca 10 f7  10
2331 : a2 08 a9 0e 9d d0 da 9d  0a
2339 : 20 db 9d 70 db 9d d0 db  22
2341 : ca d0 f1 60 00 ff 00 ff  fc
2349 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 48  d9
2351 : a9 01 85 a2 a5 d4 c9 58  09
2359 : d0 0b ad 1a 1c 0a 4c ea  77
2361 : 23 c5 a2 10 ef 68 20 50  75
2369 : 28 60 ad 20 1c 49 ff 2d  97
2371 : fc 00 0d 1f 1c 4d 1e 1c  71
2379 : 8d 01 dd 20 50 28 4c 50  1a
2381 : 23 f0 03 4c 62 23 68 20  88
2389 : 50 28 60 00 ff 00 ff ae  63
2391 : 64 1c f0 03 4c 62 23 68  d5
2399 : 20 50 28 60 24 8d 9d 23  63
23a1 : a5 d4 c9 58 d0 fa ad 9d  04
23a9 : 23 4c c9 28 3e 8d ad 23  b7
23b1 : a5 d4 c9 58 d0 fa ad ab  31
23b9 : 23 4c 78 28 ff 00 74 8d  12
23c1 : bf 23 8e be 23 a2 04 bd  60
23c9 : 80 06 09 80 9d 80 06 ca  2a
23d1 : 10 f5 20 9d 25 a2 04 bd  8b
23d9 : 80 06 29 7f 9d 80 06 ca  22
23e1 : 10 f5 ad bf 23 ae be 23  38
23e9 : 60 a6 fc d0 09 ae 64 1c  c5
23f1 : d0 04 68 4c 50 28 4c 62  a3
23f9 : 23 ea ea ea ea ea ea 78  4c
2401 : a9 40 20 20 24 8e 5c 1c  37
2409 : 8c 5d 1c a9 80 20 20 24  52
2411 : 8e 5e 1c 8c 5f 1c a9 ff  e4
2419 : 8d 92 dc 58 4c 35 24 8d  4c
2421 : 00 dc 09 c0 8d 02 dc a2  8b
2429 : 00 ca d0 fd ae 19 d4 ac  e2
2431 : 1a d4 60 ea a9 00 8d 64  c4
2439 : 1c a2 03 bd 5c 1c 38 fd  a2
2441 : 60 1c ea 2e 64 1c ca 10  a2
2449 : f2 ea ea ea ea ea ea ea  50
2451 : ea ea ea ea ea a2 00 bd  07
2459 : 5c 1c 4a 4a 4a 9d 5c 1c  da
2461 : e8 e0 04 d0 f2 a0 00 a9  5c
2469 : 20 99 d1 06 99 21 07 99  7d
2471 : 71 07 99 c1 07 c8 c0 08  ce
2479 : d0 ef a9 d0 8d a0 24 8d  4f
2481 : b6 24 a9 06 8d a1 24 8d  06
2489 : b7 24 ea a0 00 ea b9 5c  18
2491 : 1c 4a 4a 8d 69 1c aa 8e  56
2499 : 6a 1c f0 08 a9 a0 9d 10  85
24a1 : 08 ca d0 fa ea b9 5c 1c  c8
24a9 : 29 03 f0 0b aa bd 65 1c  58
24b1 : ae 6a 1c e8 9d 10 08 ad  8e
24b9 : a0 24 18 69 50 8d a0 24  db
24c1 : 8d b6 24 90 06 ee a1 24  6b
24c9 : ee b7 24 c8 c0 04 d0 be  a2
24d1 : 60 00 c1 15 00 00 a0 a0  08
24d9 : ff 00 ff 00 ff 00 ff a5  23
24e1 : d4 c9 01 f0 07 c9 4c f0  ca
24e9 : 03 4c 00 25 a9 74 ae d5  5c
24f1 : 24 9d d9 06 a9 00 8d d5  97
24f9 : 24 8d d6 24 60 ea ea c9  bb
2501 : 53 f0 47 c9 54 f0 6b c9  e5
2509 : 55 f0 10 c9 56 f0 16 a9  ac
2511 : 1f ae d5 24 9d d9 06 4c  db
2519 : e0 24 ea ae d6 24 de 60  66
2521 : 1c 4c 2d 25 ea ae d6 24  1b
2529 : fe 60 1c ea bd 60 1c 4a  a0
2531 : 4a 18 69 20 48 8a 0a aa  3c
2539 : 68 9d 04 d0 a0 03 a2 00  38
2541 : ca d0 fd 88 d0 f8 4c e0  cb
2549 : 24 ea ae d5 24 d0 04 4c  ba
2551 : e0 24 ea a9 74 9d d9 06  db
2559 : 8a 38 e9 50 aa 8e d5 24  42
2561 : ce d6 24 a9 1f 9d d9 06  2b
2569 : a5 d4 c9 58 d0 fa 4c e0  ce
2571 : 24 ea ae d5 24 e0 f0 90  9f
2579 : 04 4c e0 24 ea a9 74 9d  69
2581 : d9 06 8a 18 69 50 aa 8e  e4
2589 : d5 24 ee d6 24 a9 1f 9d  4e
2591 : d9 06 a5 d4 c9 58 d0 fa  0a
2599 : 4c e0 24 60 a5 d4 c9 01  95
25a1 : f0 f9 c9 4c f0 f5 c9 55  1a
25a9 : d0 0e ad 1a 1c f0 ed ce  ce
25b1 : 1a 1c 20 6b 21 4c ca 25  39
25b9 : c9 56 d0 e0 ad 1a 1c c9  ad
25c1 : 14 10 d9 ee 1a 1c 20 6b  0b
25c9 : 21 a0 28 a2 00 ca d0 fd  2e
25d1 : 88 d0 f8 4c c0 23 c9 01  d7
25d9 : f0 c1 c9 4c f0 bd c9 55  74
25e1 : d0 0e ad 1b 1c f0 ed ce  26
25e9 : 1b 1c 20 6b 21 4c 02 26  51
25f1 : c9 56 d0 e0 ad 1b 1c c9  ed
25f9 : 14 10 d9 ee 1b 1c 20 6b  53
2601 : 21 a0 28 a2 00 ca d0 fd  66
2609 : 88 d0 f8 4c d5 25 ea a2  38
2611 : 00 a0 15 bd 70 1c 18 69  79
2619 : 30 99 99 05 88 88 88 e8  de
2621 : e0 08 30 ef 60 ea a0 15  19
2629 : a2 00 b9 f9 04 09 80 99  37
2631 : f9 04 a5 d4 c9 58 f0 fa  49
2639 : c9 01 d0 01 60 c9 4c f0  3e
2641 : fb c9 53 f0 4a c9 54 f0  3a
2649 : 49 c9 55 f0 48 c9 56 f0  f8
2651 : 47 c9 38 f0 46 c9 47 f0  5b
2659 : 42 c9 3b f0 41 c9 44 f0  c2
2661 : 3d c9 08 f0 3c c9 4f f0  d4
2669 : 38 c9 0b f0 37 c9 45 f0  1f
2671 : 33 c9 27 f0 32 c9 11 f0  08
2679 : 31 c9 29 f0 30 c9 0a f0  53
2681 : 2f 4c 33 26 a5 d4 c9 58  41
2689 : d0 fa 4c 33 26 ff 00 4c  4b
2691 : 33 26 4c 33 26 4c c0 26  65
2699 : 4c e1 26 4c 02 27 4c 07  82
26a1 : 27 4c 0c 27 4c 11 27 4c  59
26a9 : 3b 27 4c 80 27 4c bb 27  ad
26b1 : 4c f6 27 ff 00 ff 00 ff  42
26b9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 e0  7b
26c1 : 07 d0 03 4c 33 26 b9 f9  ba
26c9 : 04 29 7f 99 f9 04 88 88  68
26d1 : 88 e8 b9 f9 04 09 80 99  39
26d9 : f9 04 4c 85 26 ea ea ea  d3
26e1 : e0 00 d0 03 4c 33 26 b9  c0
26e9 : f9 04 29 7f 99 f9 04 c8  2a
26f1 : c8 c8 ca b9 f9 04 09 80  ec
26f9 : 99 f9 04 4c 85 26 ea ea  24
2701 : ea a9 31 4c 20 27 a9 32  dc
2709 : 4c 20 27 a9 33 4c 20 27  c9
2711 : a9 34 ea ea ea ea ea ea  74
2719 : ea ea ea ea ea ea ea 8e  5f
2721 : d3 24 8c d4 24 38 e9 30  d0
2729 : 9d 70 1c 20 10 26 ae d3  9e
2731 : 24 ac d4 24 4c 85 26 ea  c4
2739 : ea ea a9 00 8d 78 1c 8e  2d
2741 : d3 24 8c d4 24 38 2a ca  26
```

Listing 1. Das Programm zu Lichtorgel 128. Bitte verwenden Sie für die Eingabe den MSE im C 64 Modus.



```
2749 : 10 fc 8d 78 1c 49 ff 2d  b0
2751 : 20 1c 8d 20 1c ad 78 1c  30
2759 : 49 ff 8d 78 1c 2d 1e 1c  f0
2761 : 8d 1e 1c ad 78 1c 2d 1f  15
2769 : 1c 8d 1f 1c 20 6b 21 ae  d6
2771 : d3 24 ac d4 24 4c 85 26  23
2779 : ea ea ea ea ea ea ea a9  f5
2781 : 00 8d 78 1c 8e d3 24 8c  1b
2789 : d4 24 38 2a ca 10 fc 8d  ff
2791 : 78 1c 49 ff 2d 1f 1c 8d  c1
2799 : 1f 1c ad 78 1c 49 ff 2d  a7
27a1 : 20 1c 8d 20 1c ad 78 1c  80
27a9 : 0d 1e 1c 8d 1e 1c 20 6b  98
27b1 : 21 ae d3 24 ac d4 24 4c  3d
27b9 : 85 26 a9 00 8d 78 1c 8e  e6
27c1 : d3 24 8c d4 24 38 2a ca  a6
27c9 : 10 fc 8d 78 1c 49 ff 2d  30
27d1 : 1e 1c 8d 1e 1c ad 78 1c  6e
27d9 : 49 ff 2d 20 1c 8d 20 1c  58
27e1 : ad 78 1c 0d 1f 1c 8d 1f  ba
27e9 : 1c 20 6b 21 ae d3 24 ac  88
27f1 : d4 24 4c 85 26 a9 00 8d  66
27f9 : 78 1c 8e d3 24 8c d4 24  e0
2801 : 38 2a ca 10 fc 8d 78 1c  59
2809 : 49 ff 2d 1e 1c 8d 1e 1c  40
2811 : ad 78 1c 49 ff 2d 1f 1c  49
2819 : 8d 1f 1c ad 78 1c 0d 20  cf
2821 : 1c 8d 20 1c 20 6b 21 ae  cf
2829 : d3 24 ac d4 24 4c 85 26  db
2831 : 20 27 26 b9 f9 04 29 7f  09
2839 : 99 f9 04 60 48 a5 d4 c9  75
2841 : 58 d0 fa 68 60 ea ea ea  ac
2849 : c5 a2 10 fc 68 60 00 8d  a8
2851 : d2 24 ad 01 dd 8d 4f 28  99
2859 : 8e d3 24 a2 00 a9 20 0e  18
2861 : 4f 28 90 02 a9 a0 9d 81  42
2869 : 04 e8 e8 e8 e0 16 90 ed  15
2871 : ae d3 24 ad d2 24 60 8d  b2
2879 : d2 24 8e d3 24 a2 05 bd  62
2881 : e0 05 09 80 9d e0 05 ca  c1
2889 : 10 f5 a5 d4 c9 58 f0 fa  b1
2891 : c9 01 f0 07 c9 4c f0 03  c1
2899 : 4c b0 28 a2 05 bd e0 05  68
28a1 : 29 7f 9d e0 05 ca 10 f5  e0
28a9 : ad d2 24 ae d3 24 60 ae  db
28b1 : 1d 1c e8 e0 02 d0 02 a2  26
28b9 : 00 8e 1d 1c 20 6b 21 a5  f8
28c1 : d4 c9 58 d0 fa 4c 8b 28  3a
28c9 : 8d d2 24 8e d3 24 a2 04  8b
28d1 : bd 30 06 09 80 9d 30 06  0b
28d9 : ca 10 f5 a5 d4 c9 58 f0  bc
28e1 : fa c9 01 f0 07 c9 4c f0  f0
28e9 : 03 4c 01 29 a2 05 bd 30  21
28f1 : 06 29 7f 9d 30 06 ca 10  9e
28f9 : f5 ad d2 24 ae d3 24 60  d9
2901 : ad 1c 1c 49 01 8d 1c 1c  12
2909 : 20 6b 21 a5 d4 c9 58 d0  7a
2911 : fa 4c dc 28 8d d2 24 a5  b9
2919 : d3 f0 05 ad d2 24 38 60  4b
2921 : a5 d4 c9 3c f0 f5 ad 2d  fa
2929 : 24 18 60 38 60 00 ff a9  d2
2931 : ff 8d 03 dd a9 00 8d fc  3e
2939 : 00 20 00 21 20 50 28 a9  e6
2941 : 00 8d 1c 1c 8d 1d 1c 8d  e0
2949 : 1e 1c 8d 1f 1c 8d 20 1c  a4
2951 : a9 e0 a2 04 9d 5f 1c ca  6e
2959 : d0 fa 8e 64 1c 8e d5 24  ac
2961 : 8e d6 24 a2 04 8e 70 1c  66
2969 : 8e 74 1c ca 8e 71 1c 8e  94
2971 : 75 1c ca 8e 72 1c 8e 76  a8
2979 : 1c ca 8e 73 1c 8e 77 1c  59
2981 : 20 6b 21 20 10 26 ea ea  57
2989 : ea ea ea ea ea ea ea ea  88
2991 : ea ea ea ea ea ea ea ea  90
2999 : ea ea ea ea ea ea ea 20  02
29a1 : 6b 23 a5 d4 c9 58 f0 0b  db
29a9 : 20 1a 2a a5 d4 c9 3f d0  50
29b1 : 02 60 ea ad 1d 1c d0 07  58
29b9 : 20 00 24 4c cd 29 ea 20  7e
29c1 : 15 29 a9 00 90 02 a9 0f  b3
29c9 : 8d 64 1c ea a9 00 8d fc  b7
29d1 : 00 a2 01 86 fa a0 00 ad  43
29d9 : 64 1c 29 01 f0 11 b9 70  15
29e1 : 1c c5 fa d0 05 a9 01 99  8d
29e9 : 80 1c c8 c0 08 d0 e8 e8  3e
29f1 : 4e 64 1c e0 05 d0 dc ea  b5
29f9 : a0 08 18 b9 7f 1c f0 01  79
2a01 : 38 2e fc 00 a9 00 99 7f  8f
2a09 : 1c 88 d0 ee ea ea ea ad  88
2a11 : 1c 1c f0 8b 4c 00 2b ea  30
2a19 : ea aa e0 0d d0 07 20 3d  72
2a21 : 28 20 31 28 60 e0 24 d0  ea
2a29 : 07 20 3d 28 20 c9 28 60  46
2a31 : e0 12 d0 07 20 3d 28 20  fc
2a39 : c0 23 60 e0 2a d0 07 20  44
2a41 : 3d 28 20 e0 24 60 e0 3e  fc
2a49 : d0 07 20 3d 28 20 78 28  02
2a51 : 60 60 ff 00 ff 00 ff 00  e1
2a59 : ff 00 ff 00 ff 00 ff a2  9d
2a61 : 0d a9 20 9d fa 05 9d 4a  e1
2a69 : 06 ca 10 f7 4c a0 29 00  46
2a71 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  70
2a79 : ff 00 ff 00 ff 00 ff ff  78
2a81 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  81
2a89 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  89
2a91 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  91
2a99 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  99
2aa1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  a1
2aa9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  a9
2ab1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  b1
2ab9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  b9
2ac1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  c1
2ac9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  c9
2ad1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  d1
2ad9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  d9
2ae1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e1
2ae9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e9
2af1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f1
2af9 : 00 ff 01 19 0b 00 0a a9  89
2b01 : 00 8d 01 dd 8d ff 2a 20  86
2b09 : 17 fa 13 11 11 11 11 11  84
2b11 : 11 11 11 11 11 11 11 1d  29
2b19 : 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d  19
2b21 : 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d  21
2b29 : 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d 1d  29
2b31 : 1d c6 52 45 51 55 45 4e  60
2b39 : 5a 9d 9d 9d 9d 9d 9d 9d  f5
2b41 : 9d 11 11 d0 52 4f 47 52  27
2b49 : 41 4d 4d 20 23 20 20 20  7c
2b51 : 00 a9 31 8d 03 06 a9 01  2d
2b59 : 8d fb 2a 20 00 2c 4c 30  65
2b61 : 2d ea ea ea ea ea ea ea  a3
2b69 : ea ea ea ea ea ea ea ad  ed
2b71 : ff 2a 4a 4a d0 02 [illegible] 00  25
2b79 : 18 69 33 8d ab 2b 8d b1  72
2b81 : 2b 8d b7 2b 8d bd 2b 0a  4e
2b89 : 0a 85 fe ad ff 2a 38 e5  c9
2b91 : fe 0a 0a 0a 0a 0a 0a 8d  8c
2b99 : aa 2b 8d b0 2b 8d b6 2b  a3
2ba1 : 8d bc 2b 20 c5 2b a2 0f  ba
2ba9 : bd 80 35 9d 10 07 bd 90  f9
2bb1 : 35 9d 38 07 bd a0 35 9d  95
2bb9 : 60 07 bd b0 35 9d 88 07  93
2bc1 : ca 10 e5 60 ad b0 2b 18  56
2bc9 : 69 10 8d b0 2b 90 03 ee  d5
2bd1 : b1 2b ad b6 2b 18 69 20  b3
2bd9 : 8d b6 2b 90 03 ee b7 2b  7b
2be1 : ad bc 2b 18 69 30 8d bc  82
2be9 : 2b 90 03 ee bd 2b 60 ea  87
2bf1 : ea ea ea ea ea ea ea ea  f0
2bf9 : ea ea ea ea 4c 30 2d 48  fc
2c01 : 8a 48 ad ff 2a a2 30 c9  27
2c09 : 0a 30 07 e8 38 e9 0a 4c  9e
2c11 : 08 2c 8e 54 06 18 69 30  85
2c19 : 8d 55 06 68 aa 68 60 48  df
2c21 : 8a 48 ea ea a2 00 a9 80  b9
2c29 : 8d fe 2a bd f9 04 09 80  5c
2c31 : 9d f9 04 a5 d4 c9 51 f0  43
2c39 : 0f c9 23 f0 0b c9 47 f0  12
2c41 : 1a c9 38 f0 16 4c 34 2c  59
2c49 : ad fe 2a 49 ff 2d fc 00  86
2c51 : 8d fc 00 a9 20 9d 81 04  8f
2c59 : 4c 6a 2c ad fe 2a 0d fc  0a
2c61 : 00 8d fc 00 a9 a0 9d 81  80
2c69 : 04 20 85 2c bd f9 04 29  72
2c71 : 7f 9d f9 04 18 4e fe 2a  02
2c79 : e8 e8 e8 e0 17 90 ac 68  a5
2c81 : aa 68 60 ea 8d fd 2a a5  91
2c89 : d4 c9 58 d0 fa ad fd 2a  db
2c91 : 60 ea 8d fd 2a a5 d4 c9  40
2c99 : 49 f0 10 c9 28 f0 0c c9  65
2ca1 : 4a f0 1c c9 2b f0 18 ad  9a
2ca9 : fd 2a 60 ad fc 2a cd ff  e1
2cb1 : 2a f0 f4 ee ff 2a 20 00  40
2cb9 : 2c 20 85 2c 4c a8 2c ad  f2
2cc1 : ff 2a f0 e3 ce ff 2a 20  64
2cc9 : 00 2c 20 85 2c 4c a8 2c  b8
2cd1 : 8d fd 2a a9 00 85 d0 a5  d7
2cd9 : d0 f0 fc ad 4a 03 38 e9  88
2ce1 : 30 f0 f0 30 ee c9 05 10  3d
2ce9 : ea 8d fb 2a 18 69 30 8d  87
2cf1 : 03 06 20 85 2c ad fb 2a  25
2cf9 : c9 04 d0 02 a9 08 c9 03  41
2d01 : d0 02 a9 04 8d fb 2a ad  7a
2d09 : fd 2a 60 00 ff 00 ff a9  87
2d11 : 01 85 a2 a5 d4 c9 58 f0  11
2d19 : 01 60 ad 1a 1c 0a ea ea  8d
2d21 : ea c5 a2 10 ee 60 ff 00  8a
2d29 : ff 00 ff 00 ff 00 ff a5  73
2d31 : d4 c9 58 d0 04 4c 00 2e  19
2d39 : ea c9 3f d0 01 60 a6 d4  49
2d41 : e0 58 ea ea ea c9 0d d0  38
2d49 : 09 20 31 28 20 85 2c 4c  2b
2d51 : 00 2e c9 24 d0 09 20 9e  72
2d59 : 23 20 85 2c 4c 00 2e c9  84
2d61 : 12 d0 09 20 c0 23 20 85  d2
2d69 : 2c 4c 00 2e c9 2a d0 09  c4
2d71 : 20 e0 24 20 85 2c 4c 00  f9
2d79 : 2e c9 3e d0 09 20 ae 23  c8
2d81 : 20 85 2c 4c 00 2e c9 15  bb
2d89 : d0 20 a2 08 bd f9 05 09  e5
2d91 : 80 9d f9 05 ca d0 f5 20  4a
2d99 : d1 2c a2 08 bd f9 05 29  3c
2da1 : 7f 9d f9 05 ca d0 f5 4c  b1
2da9 : 00 2e c9 25 d0 06 20 20  d5
2db1 : 2c 4c fb 2d 20 93 2c 20  37
2db9 : 70 2b 4c fb 2d ea ea a2  6c
2dc1 : 7f a9 00 9d 00 0e ca 10  84
2dc9 : fa a9 ff 8d 3c 0e 8d 3d  2e
2dd1 : 0e 8d 3e 0e a9 80 8d 7c  c5
2dd9 : 0e a9 c0 a2 00 9d 6a 0e  f3
2de1 : e8 e8 e8 e0 12 d0 f6 a9  6a
2de9 : 80 8d 67 0e 4c 30 29 ea  8c
2df1 : ea ea ea ea ea ea ea ea  f0
2df9 : ea ea a5 fc 20 6b 23 ad  a6
2e01 : 1c 1c d0 03 4c 60 2a ad  8c
2e09 : 1d 1c d0 06 20 00 24 4c  54
2e11 : 20 2e a9 00 20 15 29 90  23
2e19 : 02 a9 0f 8d 64 1c ea ad  94
2e21 : fb 2a 2d 64 1c d0 03 4c  f6
2e29 : 30 2d ea 20 40 2e ea ea  a5
2e31 : ea ea ea ea ea ea ea ea  30
2e39 : ea 20 6b 23 4c 30 2d ad  c9
2e41 : ff 2a c9 63 30 01 60 18  f1
2e49 : 0a aa bd 60 2e 8d 58 2e  31
2e51 : bd 61 2e 8d 59 2e 20 5a  38
2e59 : 30 ea ea 60 ea ea ea 47  05
2e61 : 2e 30 2f 3c 2f 48 2f 75  d8
2e69 : 2f 93 2f b6 2f d8 2f e3  43
2e71 : 2f ee 2f 09 30 24 30 3f  68
2e79 : 30 5a 30 8b 30 bc 30 ed  d9
2e81 : 30 1e 31 21 31 24 31 2d  84
2e89 : 31 5e 31 82 31 9c 31 d0  e4
2e91 : 31 12 32 ff 00 ff 00 ff  58
2e99 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  99
2ea1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  a1
2ea9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  a9
2eb1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  b1
2eb9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  b9
2ec1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  c1
2ec9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  c9
2ed1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  d1
2ed9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  d9
2ee1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e1
2ee9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  e9
2ef1 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 ff  f1
2ef9 : 00 ff 00 ff 00 ff 00 00  f9
2f01 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  00
2f09 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  08
2f11 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  10
2f19 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  18
2f21 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 00  20
2f29 : ff 00 ff 00 ff 00 ff 26  74
2f31 : fc 90 06 a5 fc 09 01 85  d3
2f39 : fc 60 ea 66 fc 90 06 a5  a4
2f41 : fc 09 80 85 fc 60 ea a5  5c
2f49 : fc 29 f0 4a aa 29 08 f0  55
2f51 : 06 8a 29 f0 09 80 aa 8a  59
2f59 : 29 f0 aa a5 fc 86 fc 29  a4
2f61 : 0f 0a aa 29 10 f0 04 8a  f3
2f69 : 09 01 aa 8a 29 0f 18 65  25
2f71 : fc 85 fc 60 a5 fc 29 f0  44
2f79 : 0a 90 03 18 69 10 aa a5  9c
2f81 : fc 29 0f 4a 90 03 18 69  73
```

```
2f89 : 08 85 fc 8a 18 65 fc 85  90
2f91 : fc 60 a5 fc 29 f0 0a 90  2a
2f99 : 02 09 10 aa a5 fc 29 0f  7e
2fa1 : 0a a8 29 10 f0 04 98 09  ef
2fa9 : 01 a8 98 29 0f 86 fc 18  93
2fb1 : 65 fc 85 fc 60 a5 fc 29  0f
2fb9 : f0 4a aa 29 08 f0 04 8a  cb
2fc1 : 09 80 aa a5 fc 29 0f 4a  53
2fc9 : 90 02 09 08 85 fc 8a 29  5a
2fd1 : f0 18 65 fc 85 fc 60 20  c8
2fd9 : 34 84 a5 29 38 e9 7f 66  7b
2fe1 : fc 60 20 34 84 a5 29 38  26
2fe9 : e9 7f 26 fc 60 20 48 2f  41
2ff1 : 20 34 84 a5 29 38 e9 7f  fc
2ff9 : 90 07 a5 fc 09 81 85 fc  c2
3001 : 60 a5 fc 29 7e 85 fc 60  61
3009 : 20 75 2f 20 34 84 a5 29  04
3011 : 38 e9 7f 90 07 a5 fc 09  d3
3019 : 18 85 fc 60 a5 fc 29 e7  f6
3021 : 85 fc 60 20 3c 2f 20 34  67
3029 : 84 a5 29 38 e9 7f 90 07  bc
3031 : a5 fc 29 77 85 fc 60 a5  9b
3039 : fc 09 88 85 fc 60 20 30  40
3041 : 2f 20 34 84 a5 29 38 e9  76
3049 : 7f 90 07 a5 fc 29 ee 85  67
3051 : fc 60 a5 fc 09 11 85 fc  af
3059 : 60 20 48 2f 20 34 84 a5  c2
3061 : 29 38 e9 7f 90 09 a5 fc  f2
3069 : 29 fe 85 fc 4c 76 30 a5  97
3071 : fc 09 01 85 fc a5 2a 38  f9
3079 : e9 7f 90 07 a5 fc 29 7f  0d
3081 : 85 fc 60 a5 fc 09 80 85  76
3089 : fc 60 20 75 2f 20 34 84  3a
3091 : a5 29 38 e9 7f 90 09 a5  02
3099 : fc 29 ef 85 fc 4c a7 30  07
30a1 : a5 fc 09 10 85 fc a5 2a  34
30a9 : 38 e9 7f 90 07 a5 fc 29  ac
30b1 : f7 85 fc 60 a5 fc 09 08  2c
30b9 : 85 fc 60 20 b6 2f 20 34  a6
30c1 : 84 a5 29 38 e9 7f 90 09  58
30c9 : a5 fc 29 7f 85 fc 4c d8  4a
30d1 : 30 a5 fc 09 80 85 fc a5  a8
30d9 : 2a 38 e9 7f 90 07 a5 fc  5b
30e1 : 29 f7 85 fc 60 a5 fc 09  40
30e9 : 08 85 fc 60 20 30 2f 20  7f
30f1 : 34 84 a5 29 38 e9 7f 90  e8
30f9 : 09 a5 fc 29 ef 85 fc 4c  f1
3101 : 09 31 a5 fc 09 10 85 fc  cd
3109 : a5 2a 38 e9 7f 90 07 a5  f2
3111 : fc 29 fe 85 fc 60 a5 fc  75
3119 : 09 01 85 fc 60 e6 fc 60  96
3121 : c6 fc 60 20 34 84 a5 29  d2
3129 : 85 fc 60 00 a5 fc 29 81  2e
3131 : c9 81 d0 01 60 ad 2c 31  96
3139 : f0 11 a5 fc 29 80 f0 08  25
3141 : a9 00 8d 2c 31 4c 2d 31  60
3149 : 06 fc 60 a5 fc 29 01 f0  99
3151 : 08 a9 01 8d 2c 31 4c 2d  f8
3159 : 31 46 fc 60 0f ae 5d 31  37
3161 : e8 e0 10 90 02 a2 00 8e  22
3169 : 5d 31 bd 71 31 85 fc 60  f0
3171 : 80 01 40 02 20 04 10 08  35
3179 : 10 08 20 04 40 02 80 01  2e
3181 : 00 ae 81 31 e8 e0 06 90  2e
3189 : 02 a2 00 8e 81 31 bd 95  72
3191 : 31 85 fc 60 81 42 24 18  bb
3199 : 24 42 1f ae 9b 31 e8 e0  25
31a1 : 20 90 02 a2 00 8e 9b 31  23
31a9 : bd af 31 85 fc 60 80 c0  91
31b1 : e0 f0 f8 fc fe ff fe fc  cd
31b9 : f8 f0 e0 c0 80 00 01 03  8c
31c1 : 07 0f 1f 3f 7f ff 7f 3f  74
31c9 : 1f 0f 07 03 01 00 00 ae  00
31d1 : cf 31 e8 e0 2e 90 02 a2  44
31d9 : 00 8e cf 31 bd e3 31 85  05
31e1 : fc 60 80 40 20 10 08 09  ea
31e9 : 0a 0c 08 18 99 5a 3c 00  5c
31f1 : 18 24 42 81 82 84 88 90  6c
31f9 : a0 c0 80 c0 a0 90 88 84  eb
3201 : 82 81 41 21 11 09 05 03  2c
3209 : 01 03 05 09 11 21 41 81  10
3211 : 0f ae 11 32 e8 e0 10 90  f9
3219 : 02 a2 00 8e 11 32 bd 25  22
3221 : 32 85 fc 60 01 03 07 0f  c3
3229 : 1f 3f 7f ff fe fc f8 f0  65
3231 : e0 c0 80 00 00 00 00 00  92
3239 : 00 00 00 00 00 00 00 00  3a
3241 : 00 00 00 00 00 00 00 00  42
3249 : 00 00 00 00 00 00 00 00  4a
3251 : 00 00 00 00 00 00 00 00  52
3259 : 00 00 00 00 00 00 00 00  5a
3261 : 00 00 00 00 00 00 00 00  62
3269 : 00 00 00 00 00 00 00 00  6a
3271 : 00 00 00 00 00 00 00 00  72
3279 : 00 00 00 00 00 00 00 00  7a
3281 : 00 00 00 00 00 00 00 00  82
3289 : 00 00 00 00 00 00 00 00  8a
3291 : 00 00 00 00 00 00 00 00  92
3299 : 00 00 00 00 00 00 00 00  9a
32a1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  a2
32a9 : 00 00 00 00 00 00 00 00  aa
32b1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  b2
32b9 : 00 00 00 00 00 00 00 00  ba
32c1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  c2
32c9 : 00 00 00 00 00 00 00 00  ca
32d1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  d2
32d9 : 00 00 00 00 00 00 00 00  da
32e1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  e2
32e9 : 00 00 00 00 00 00 00 00  ea
32f1 : 00 00 00 00 00 00 00 00  f2
32f9 : 00 00 00 00 00 00 00 20  3a
3301 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3309 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3311 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3319 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3321 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3329 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3331 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3339 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3341 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3349 : 20 20 20 20 20 20 20 70  ea
3351 : 40 40 40 40 40 40 40 40  51
3359 : 40 40 40 40 6e 20 20 5d  f5
3361 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3369 : 20 20 20 20 5d 20 20 6d  d8
3371 : 40 0f 0f 0f 0f 0f 0f 0f  a2
3379 : 0f 40 3c 40 7d 20 20 20  59
3381 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3389 : 20 20 20 20 20 20 20 70  2a
3391 : 40 40 40 40 40 40 40 40  91
3399 : 40 40 40 40 6e 20 20 5d  35
33a1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
33a9 : 20 20 20 20 5d 20 20 6d  18
33b1 : 40 0f 0f 0f 0f 0f 0f 0f  e2
33b9 : 0f 40 3e 40 7d 20 [illegible] 20  1a
33c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
33c9 : 20 20 20 20 20 20 20 70  6a
33d1 : 40 40 40 40 40 40 6e 70  ea
33d9 : 40 40 40 40 40 40 6e 5d  cc
33e1 : 20 20 20 20 20 20 5d 5d  51
33e9 : 20 20 20 20 20 20 5d 6d  79
33f1 : 0f 0f 0f 0f 40 3e 7d 6d  f4
33f9 : 0f 0f 0f 0f 40 3c 7d 20  52
3401 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3409 : 20 20 20 20 20 20 20 70  aa
3411 : 40 40 40 40 40 40 6e 70  2a
3419 : 40 40 40 40 40 40 6e 5d  0c
3421 : 20 20 20 20 20 20 5d 5d  91
3429 : 20 20 20 20 20 20 5d 6d  b9
3431 : 0f 0f 0f 0f 40 3c 7d 6d  24
3439 : 0f 0f 0f 0f 40 3e 7d 20  a2
3441 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3449 : 20 20 20 20 20 20 20 70  ea
3451 : 40 40 40 40 40 40 6e 70  6a
3459 : 40 40 40 40 40 40 6e 5d  4c
3461 : 20 20 20 20 20 20 5d 5d  d1
3469 : 20 20 20 20 20 20 5d 6d  f9
3471 : 0f 0f 0f 0f 40 3c 7d 6d  64
3479 : 0f 0f 0f 0f 40 3c 7d 20  d2
3481 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3489 : 20 20 20 20 20 20 20 70  2a
3491 : 40 40 40 40 40 40 6e 70  aa
3499 : 40 40 40 40 40 40 6e 5d  8c
34a1 : 20 20 20 20 20 20 5d 5d  11
34a9 : 20 20 20 20 20 20 5d 6d  39
34b1 : 0f 0f 0f 0f 40 3e 7d 6d  b4
34b9 : 0f 0f 0f 0f 40 3e 7d 20  22
34c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
34c9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
34d1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
34d9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
34e1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
34e9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
34f1 : 20 5a 40 3e 40 0f 0f 0f  ed
34f9 : 0f 0f 0f 0f 0f 20 20 20  e8
3501 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3509 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3511 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3519 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3521 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3529 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3531 : 20 0f 0f 0f 0f 0f 0f 0f  42
3539 : 0f 40 3c 40 5a 20 20 20  e7
3541 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3549 : 20 20 20 20 20 20 20 70  ea
3551 : 40 40 40 40 40 40 5a 40  b9
3559 : 40 40 40 40 40 6e 20 5d  84
3561 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3569 : 20 20 20 20 20 5d 20 6d  ee
3571 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 0f  7d
3579 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 20  4c
3581 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3589 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3591 : 20 20 20 20 20 20 5a 20  7a
3599 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
35a1 : 20 20 20 20 20 20 5d 20  96
35a9 : 20 20 20 20 20 20 20 0f  87
35b1 : 0f 0f 0f 40 3c 40 71 40  20
35b9 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 20  e7
35c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
35c9 : 20 20 20 20 20 20 20 70  6a
35d1 : 40 40 40 40 40 40 40 72  35
35d9 : 40 5a 20 20 20 20 20 5d  91
35e1 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  5c
35e9 : 20 20 20 20 20 20 20 6d  84
35f1 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 6d  ba
35f9 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 20  27
3601 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3609 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3611 : 20 20 20 5a 40 72 40 40  ae
3619 : 40 40 40 40 40 6e 20 20  ca
3621 : 20 20 20 20 20 5d 20 20  0b
3629 : 20 20 20 20 20 5d 20 0f  f1
3631 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 0f  e2
3639 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 20  0c
3641 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3649 : 20 20 20 20 20 20 20 70  ea
3651 : 40 5a 20 20 20 20 20 20  8e
3659 : 20 20 20 5a 40 6e 20 5d  8f
3661 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3669 : 20 20 20 20 20 5d 20 6d  ee
3671 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 0f  7d
3679 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 20  4c
3681 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3689 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3691 : 20 20 20 5a 40 6e 70 40  ce
3699 : 5a 20 20 20 20 20 20 20  d3
36a1 : 20 20 20 20 20 5d 5d 20  80
36a9 : 20 20 20 20 20 20 20 0f  87
36b1 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 6d 3e  f6
36b9 : 40 0f 0f 0f 0f 20 20 20  d9
36c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
36c9 : 20 20 20 20 20 20 20 70  6a
36d1 : 40 5a 20 20 20 20 20 70  af
36d9 : 40 5a 20 20 20 20 20 5d  91
36e1 : 20 20 20 20 20 20 20 5d  5c
36e9 : 20 20 20 20 20 20 20 6d  84
36f1 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 6d  ba
36f9 : 3e 40 0f 0f 0f 0f 20 20  27
3701 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3709 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3711 : 20 20 20 5a 40 6e 20 20  cd
3719 : 20 20 20 5a 40 6e 20 20  d5
3721 : 20 20 20 20 20 5d 20 20  0b
3729 : 20 20 20 20 20 5d 20 0f  f1
3731 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 0f  e2
3739 : 0f 0f 0f 40 3c 7d 20 20  0c
3741 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3749 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3751 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3759 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3761 : 20 20 18 20 2b 20 31 20  54
3769 : 40 3e 20 18 20 20 20 20  97
3771 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3779 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3781 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3789 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3791 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3799 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
37a1 : 20 20 18 20 2d 20 31 20  b4
37a9 : 40 3e 20 18 20 20 20 20  d7
37b1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
37b9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
37c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
37c9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
```

Listing 1. Das Programm zu Lichtorgel 128 (Fortsetzung)

```
37d1 : 20 20 20 0f 0f 0f 0f 0f  af
37d9 : 0f 0f 0f 20 20 20 20 20  fc
37e1 : 20 20 20 1e 1e 1e 1e 1e  65
37e9 : 1e 1e 1e 20 20 20 20 20  66
37f1 : 20 20 20 5a 5a 5a 5a 5a  0b
37f9 : 5a 5a 5a 20 20 20 20 20  df
3801 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3809 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3811 : 20 20 70 40 3e 20 20 20  0b
3819 : 20 20 40 6e 20 20 20 20  eb
3821 : 20 20 5d 0f 0f 0f 0f 0f  4e
3829 : 0f 0f 0f 5d 20 20 20 20  f3
3831 : 20 20 6d 40 20 20 20 20  89
3839 : 20 3c 40 7d 20 20 20 20  fb
3841 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3849 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3851 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3859 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3861 : 20 20 53 05 11 15 05 0e  f1
3869 : 1a 20 23 31 20 20 20 20  46
3871 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3879 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3881 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3889 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3891 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3899 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
38a1 : 20 20 53 05 11 15 05 0e  31
38a9 : 1a 20 23 32 20 20 20 20  a6
38b1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
38b9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
38c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
38c9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
38d1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
38d9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
38e1 : 20 20 53 05 11 15 05 0e  71
38e9 : 1a 20 23 33 20 20 20 20  06
38f1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
38f9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3901 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3909 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3911 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3919 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3921 : 20 20 53 05 11 15 05 0e  b1
3929 : 1a 20 23 34 20 20 20 20  67
3931 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3939 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3941 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3949 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3951 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3959 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3961 : 20 20 53 05 11 15 05 0e  f1
3969 : 1a 20 23 35 20 20 20 20  c7
3971 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3979 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3981 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3989 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3991 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3999 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
39a1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
39a9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
39b1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
39b9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
39c1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
39c9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
39d1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
39d9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
39e1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
39e9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
39f1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
39f9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3a01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3a09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3a11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3a19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3a21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3a29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3a31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3a39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3a41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3a49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3a51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3a59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3a61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3a69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3a71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3a79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3a81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3a89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3a91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3a99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3aa1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3aa9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3ab1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3ab9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3ac1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3ac9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3ad1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3ad9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3ae1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3ae9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3af1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3af9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3b01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3b09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3b11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3b19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3b21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3b29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3b31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3b39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3b41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3b49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3b51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3b59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3b61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3b69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3b71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3b79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3b81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3b89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3b91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3b99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3ba1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3ba9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3bb1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3bb9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3bc1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3bc9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3bd1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3bd9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3be1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3be9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3bf1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3bf9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3c01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3c09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3c11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3c19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3c21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3c29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3c31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3c39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3c41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3c49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3c51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3c59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3c61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3c69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3c71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3c79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3c81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3c89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3c91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3c99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3ca1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3ca9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3cb1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3cb9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3cc1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3cc9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3cd1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3cd9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3ce1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3ce9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3cf1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3cf9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3d01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3d09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3d11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3d19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3d21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3d29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3d31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3d39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3d41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3d49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3d51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3d59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3d61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3d69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3d71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3d79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3d81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3d89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3d91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3d99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3da1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3da9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3db1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3db9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3dc1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3dc9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3dd1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3dd9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3de1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3de9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3df1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3df9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3e01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3e09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3e11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3e19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3e21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3e29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3e31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3e39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3e41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3e49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3e51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3e59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3e61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3e69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3e71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3e79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3e81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3e89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3e91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3e99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3ea1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3ea9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3eb1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3eb9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3ec1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3ec9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3ed1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3ed9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3ee1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3ee9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3ef1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3ef9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f9
3f01 : 20 20 20 20 20 20 20 20  01
3f09 : 20 20 20 20 20 20 20 20  09
3f11 : 20 20 20 20 20 20 20 20  11
3f19 : 20 20 20 20 20 20 20 20  19
3f21 : 20 20 20 20 20 20 20 20  21
3f29 : 20 20 20 20 20 20 20 20  29
3f31 : 20 20 20 20 20 20 20 20  31
3f39 : 20 20 20 20 20 20 20 20  39
3f41 : 20 20 20 20 20 20 20 20  41
3f49 : 20 20 20 20 20 20 20 20  49
3f51 : 20 20 20 20 20 20 20 20  51
3f59 : 20 20 20 20 20 20 20 20  59
3f61 : 20 20 20 20 20 20 20 20  61
3f69 : 20 20 20 20 20 20 20 20  69
3f71 : 20 20 20 20 20 20 20 20  71
3f79 : 20 20 20 20 20 20 20 20  79
3f81 : 20 20 20 20 20 20 20 20  81
3f89 : 20 20 20 20 20 20 20 20  89
3f91 : 20 20 20 20 20 20 20 20  91
3f99 : 20 20 20 20 20 20 20 20  99
3fa1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a1
3fa9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  a9
3fb1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b1
3fb9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  b9
3fc1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c1
3fc9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  c9
3fd1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d1
3fd9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  d9
3fe1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e1
3fe9 : 20 20 20 20 20 20 20 20  e9
3ff1 : 20 20 20 20 20 20 20 20  f1
3ff9 : 20 20 20 20 20 20 20 00  b9
4001 : 0d 40 c2 07 9e 28 37 31  2a
4009 : 38 33 29 00 00 00 ff ff  25
```

Listing 1. Das Programm zu Lichtorgel 128 (Schluß)

MIDI-Interface im Selbstbau

Wenn Sie ein Fan von Synthesizern sind und auch selber einen besitzen, dann bietet es sich an, daß Sie Ihren C 64 oder C 128 nicht nur unbeschäftigt daneben stehen lassen. Setzen Sie ihn doch zur Steuerung Ihrer Musikinstrumente ein.

Synthesizer sind phantastische Musikinstrumente einer ganz besonderen Art. Sie eröffnen dem Musiker Möglichkeiten, die bis vor ein paar Jahren als eher utopisch abgetan wurden. Mittlerweile hat man sich jedoch an diese Leistung einigermaßen gewöhnt, und immer mehr Musiker - egal ob professionell oder privat - legen sich einen oder auch mehrere Synthesizer zu.

Jetzt ist es aber so, daß mehrere Synthesizer einen einzelnen Musiker ganz sicher überfordern. Er kann schließlich nicht auf mehreren Instrumenten gleichzeitig spielen...

Doch, er kann! Mit unserer Bauanleitung für ein MIDI-Interface und einem C 64 oder C 128 kann er mehrere Synthesizer ohne Probleme spielen. Er teilt lediglich dem Computer mit, was gespielt werden soll, und dieser gibt die Informationen dann an die einzelnen Instrumente weiter.

Moderne Synthesizer sind zu diesem Zweck schon mit einer MIDI-Schnittstelle ausgestattet. Es handelt sich dabei um nichts anderes als um eine sehr schnelle, serielle Computer-Schnittstelle, die mit 31 250 bit/s arbeitet. Der Synthesizer ist dabei in der Lage, Kommandos in Form von Bytes zu empfangen, auszuführen und auch zu senden. Ein Byte steht dabei für »Drücke Taste am Keyboard«, ein anderes »sagt« dem Synthesizer »Schalte auf Stimme 34 um«. Umgekehrt funktioniert die Sache natürlich auch. Der Spieler drückt eine Taste am Keyboard, und der Synthesizer teilt dem angeschlossenen Computer mit, welche Taste gerade gedrückt wurde.

Das MIDI-Interface, das wir Ihnen vorstellen wollen, ist eine Minimalausführung. Es arbeitet jedoch mit allen gängigen Programmen aus den Häusern Steinberg, C-Lab, Wersi und Jellinghouse zusammen. Damit stehen Ihnen fast alle MIDI-Programme zur Verfügung, die es gibt. Lediglich mit einigen wenigen amerikanischen Produkten gibt es Probleme, da diese eine andere MIDI-Interface-Norm verwenden.

Das Kernstück unseres Interface ist ein Baustein von Motorola, der sich UART 68B50 nennt. UART steht dabei für »Universal Asynchronous Receiver Transmitter«. Dieses IC ist eine komplette serielle Schnittstelle, die uns fast sämtliche Arbeit abnimmt.

Tabelle 1 zeigt Ihnen eine Liste sämtlicher benötigter Bauteile. Wie Sie sehen, ist die Anzahl der Bauteile ziemlich gering, so daß sich auch weniger versierte Elektronik-Bastler an die Herstellung des MIDI-Interface wagen können.

Die MIDI-Schnittstelle ist für den Expansion-Port des C 64 oder C 128 vorgesehen und bezieht auch daher ihre Stromversorgung. Ein externes Netzteil ist also nicht nötig.

Der erfahrenere Elektroniker kann sich die gesamte Schaltung auf einer Lochrasterplatine aufbauen. Für den weniger versierten Bastler empfiehlt sich die geätzte Platine. Ein spiegelverkehrtes Layout dafür finden Sie im Layoutteil dieser Ausgabe auf Seite 159. Dieses Layout besteht aus zwei Teilen, da die Platine sowohl auf der Vorder- als auch auf der Rückseite Leiterbahnen enthält.

In Bild 1 sehen Sie den Schaltplan und in Bild 2 den Bestückungsplan der MIDI-Schnittstelle. Viel Erfolg nun beim Löten. Am Schluß vielleicht noch ein Tip für Software zur MIDI-Schnittstelle. Wollen Sie sich ein Sequenzer-Programm zulegen, dann empfiehlt sich das Programm »Supertrack« von C-Lab-Software. Es stellt zur Zeit das Nonplusultra für den C 64 dar. Besitzen Sie einen DX 7 von Yamaha, so kommen Sie mit dem Programm »DX 7 Editor« von Steinberg Research um den Kauf der sehr teuren RAM-Cartridges herum. Mit diesem Programm ist es nämlich möglich, die Musikdaten des DX 7 auf eine Diskette zu speichern und von dort auch wieder in den Computer zu laden. (J. Graf/ks)

C-LAB Vertriebsgesellschaft, Postfach 71 04 46, 2000 Hamburg 71
Steinberg Research, Postfach 13 23 64, 2000 Hamburg 28

C 64
I/O 1
Φ 2
CA 7
CA 1
CA 0
$\overline{IR_Q}$
D0
D7
UART
68B50
+5V
0,1 μF
7404
BC548B
10 k
100 R
1,5 k
1N4148
IL-1
MIDI-OUT
MIDI-THRU
MIDI-IN
22 pF
10 nF
1 k

Bild 1. Der Schaltplan zum MIDI-Interface. Die Hauptarbeit erledigt der UART 68B50 von Motorola.

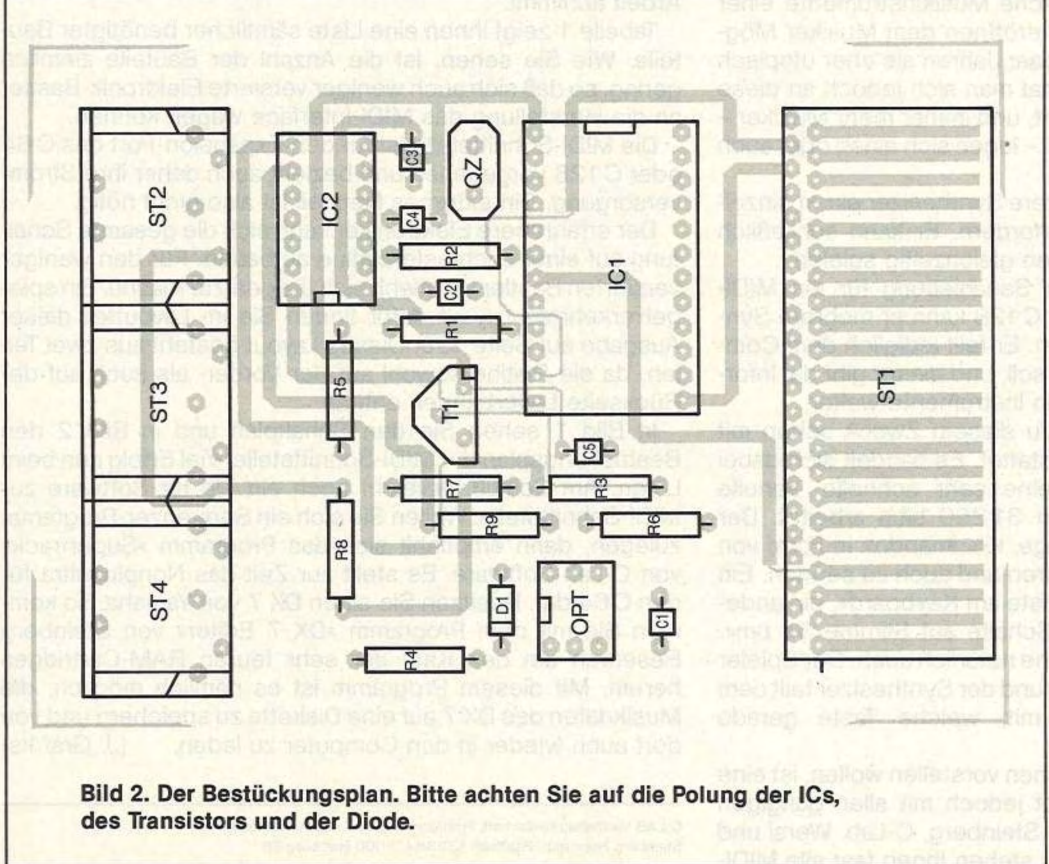
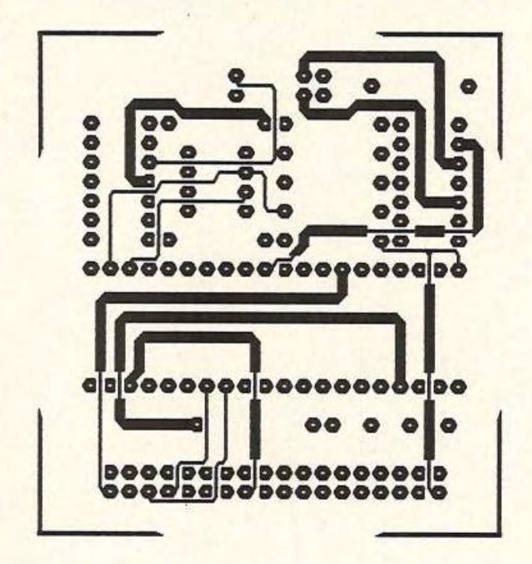
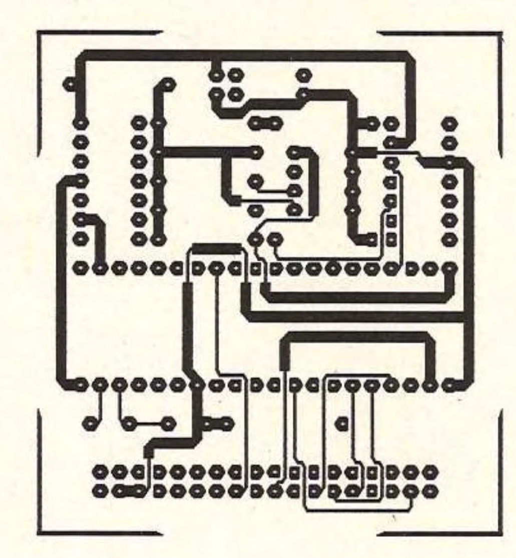


Bild 2. Der Bestückungsplan. Bitte achten Sie auf die Polung der ICs, des Transistors und der Diode.

IC1	68B50
IC2	7404
OPT	IL1
T1	BC548B
D1	1N4148
R1	1 kΩ 1/4 Watt
R2	1 kΩ 1/4 Watt
R3	10 kΩ 1/4 Watt
R4	100 kΩ 1/4 Watt
R5	220 kΩ 1/4 Watt
R6	1,5 kΩ 1/4 Watt
R7	220 kΩ 1/4 Watt
R8	220 kΩ 1/4 Watt
R9	220 kΩ 1/4 Watt
C1	0,22 μF Folie
C2	10 nF Keramik
C3	10 pF Keramik
C4	10 pF Keramik
C5	0,22 μF Folie
ST1	
ST2	5polig
ST3	5polig
ST4	5polig
QZ	2 MHz

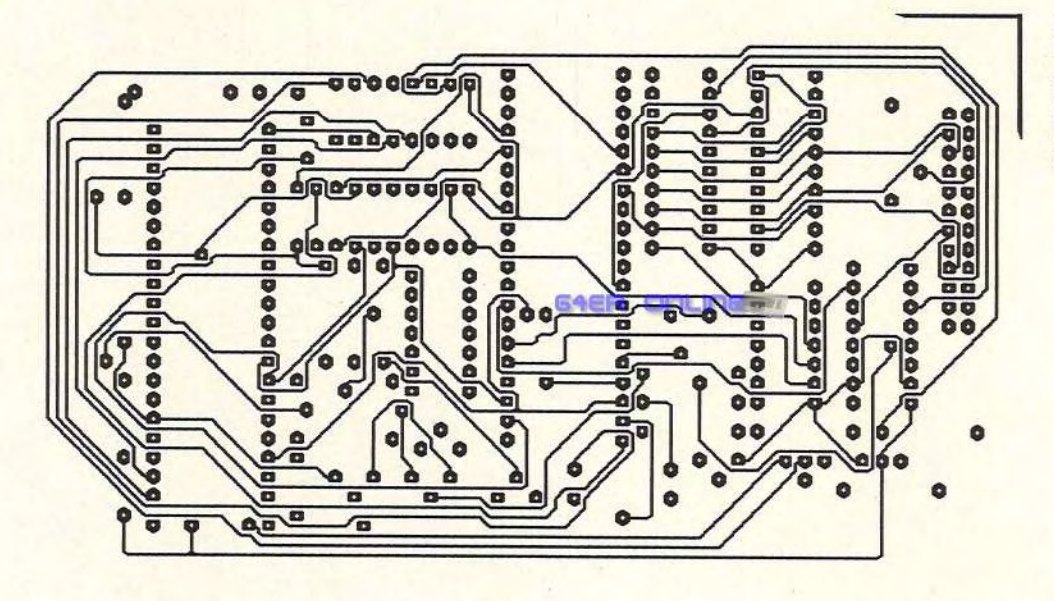
Tabelle 1. Die benötigten Bauteile zum MIDI-Interface



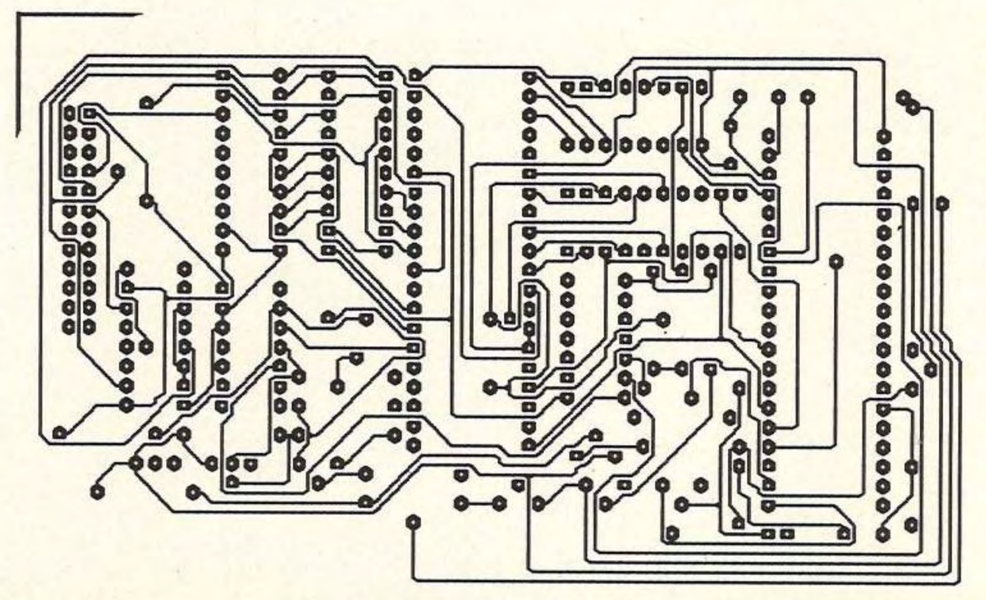


Links: Layout (Bestückungsseite, spiegelverkehrt) für das Interface aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 58 ff

Rechts: Layout (Lötseite, spiegelverkehrt) für das Interface aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 58 ff

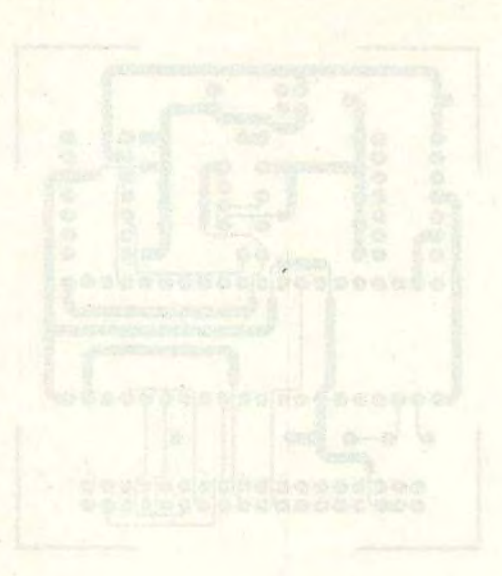


Layout (Bestückungsseite, spiegelverkehrt) für das Programmiergerät aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 58 ff

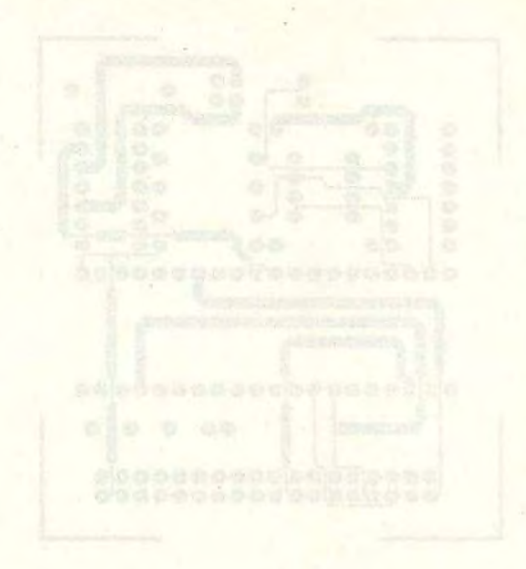


Layout (Lötseite, spiegelverkehrt) für das Programmiergerät aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 58 ff

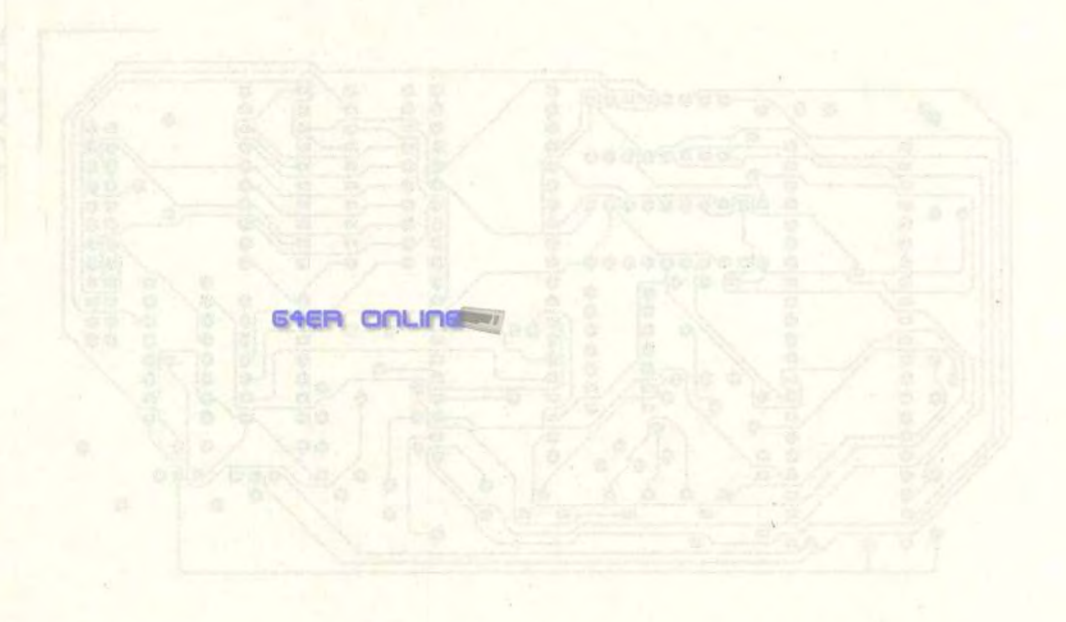
Linkes Layout (Bestückungsseite, spiegelverkehrt) für das Interface aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 55 ff



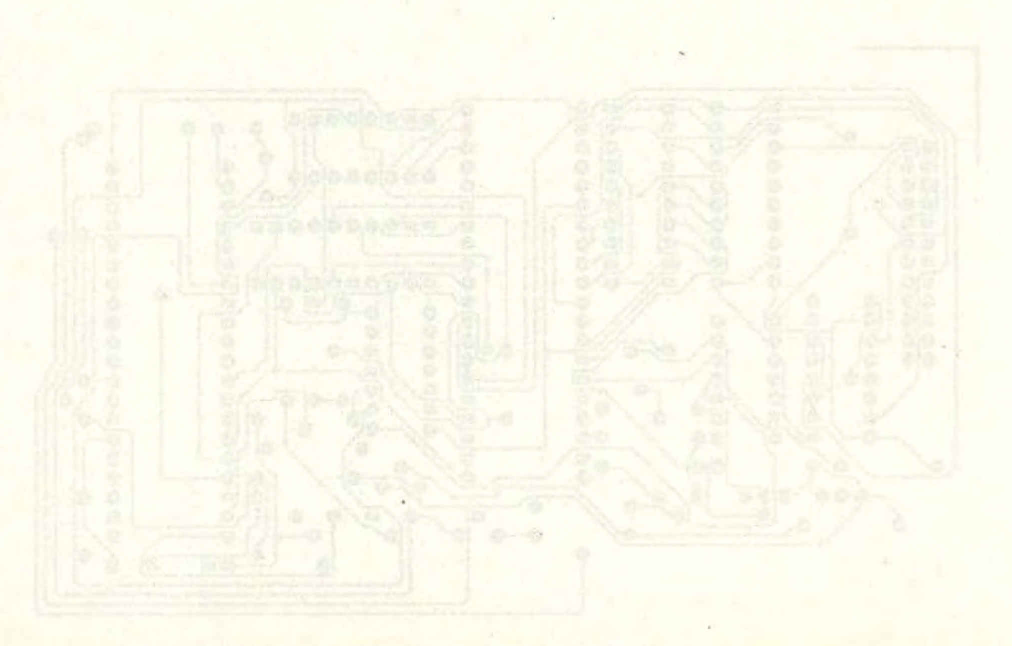
Rechtes Layout (Lötseite, spiegelverkehrt) für das Interface aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 55 ff

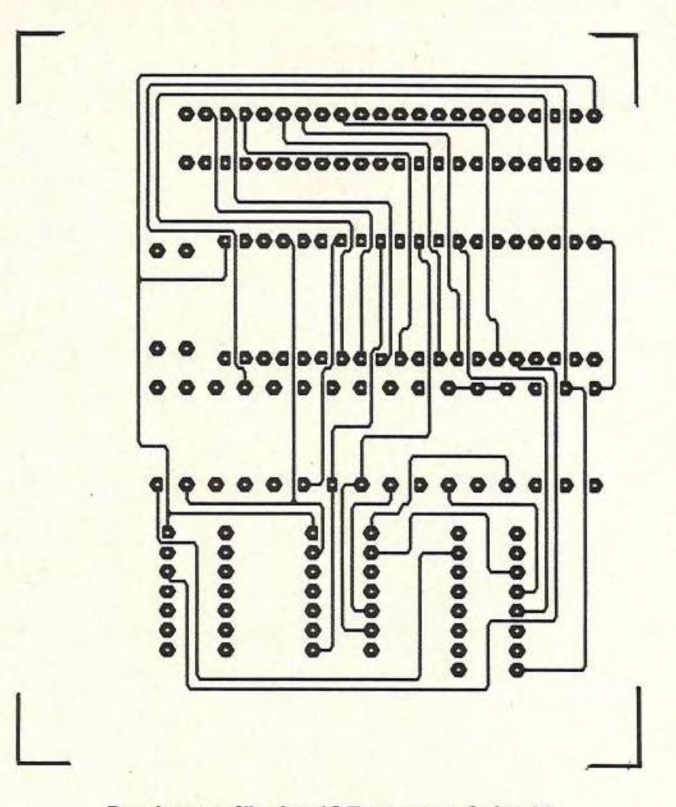


Layout (Bestückungsseite, spiegelverkehrt) für das Programmiergerät aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 55 ff

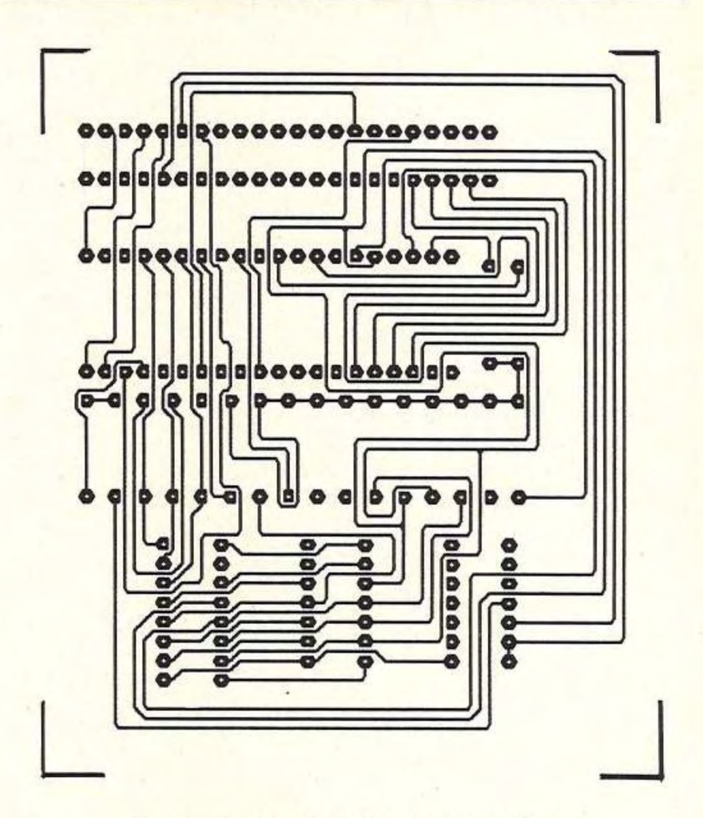


Layout (Lötseite, spiegelverkehrt) für das Programmiergerät aus dem Artikel »Ein-Chip-Mikrocomputer für den Hausgebrauch« Seite 55 ff





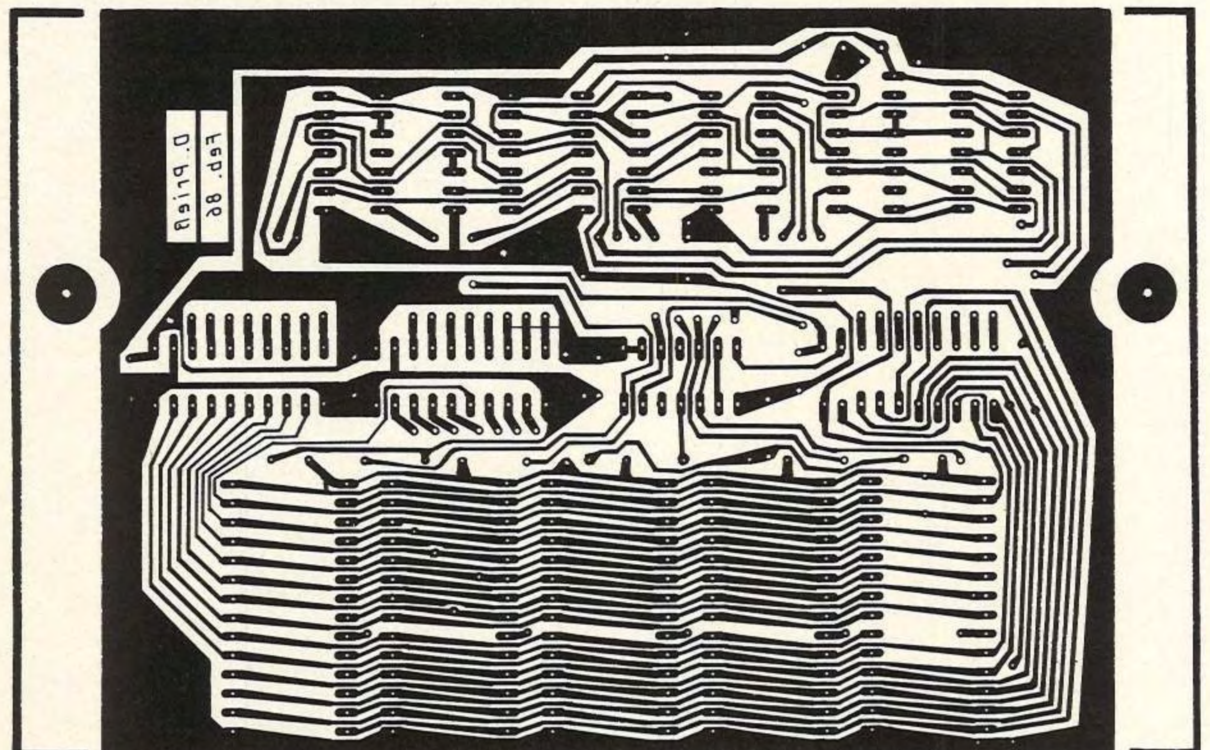

Das Layout für den IC-Tester von Seite 96 (Lötseite, spiegelverkehrt)

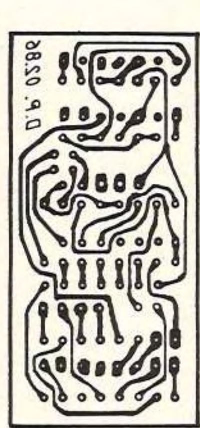


Das Layout für den IC-Tester von Seite 96 (Bestückungsseite, spiegelverkehrt)

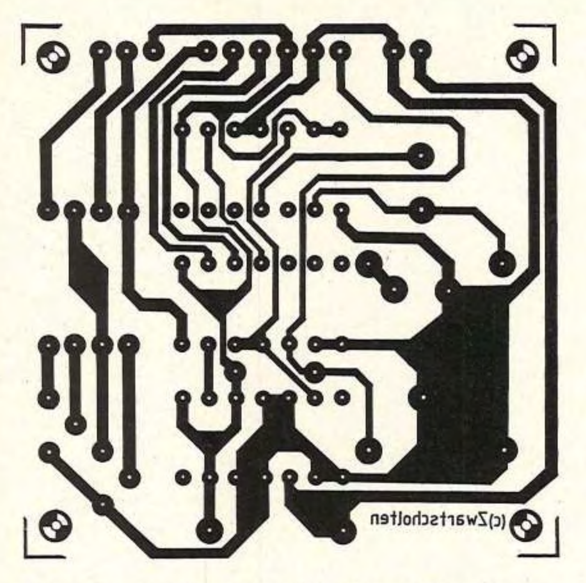
Das Layout für die 256-KByte-EPROM-Bank von Seite 112 (Bestückungsseite, spiegelverkehrt)

Das Layout für die 256-KByte-EPROM-Bank von Seite 112 (Lötseite, spiegelverkehrt)

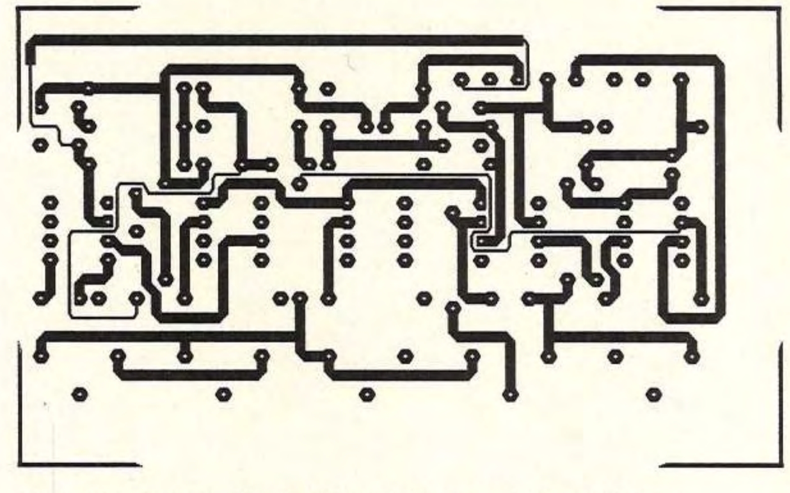


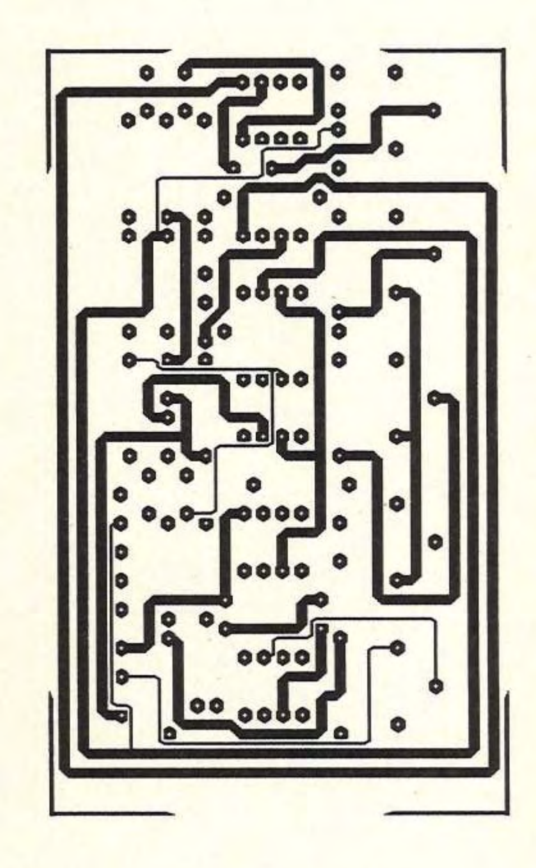


Die beiden Layouts der 40-KByte-RAM-Erweiterung für die Floppy 1541. Beschreibung auf Seite 124.

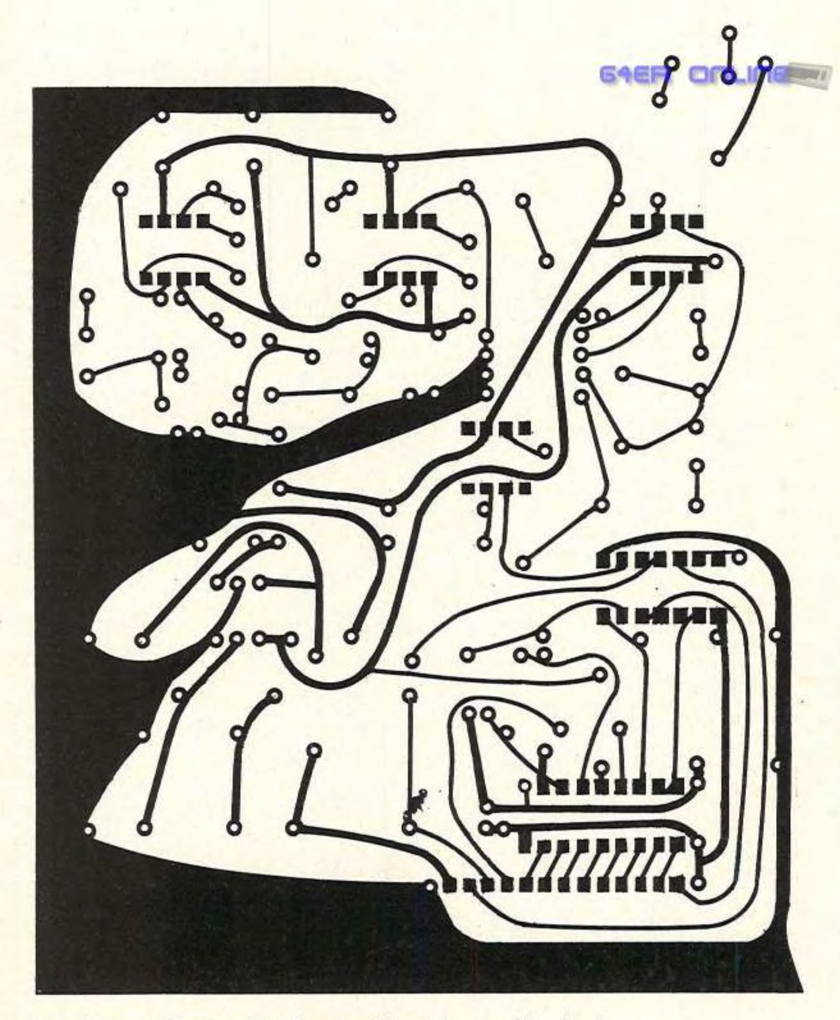


Spiegelverkehrtes Layout für den »elektronischen Diskettenlocher« der Floppy 1541. Die Beschreibung finden Sie auf Seite 122.

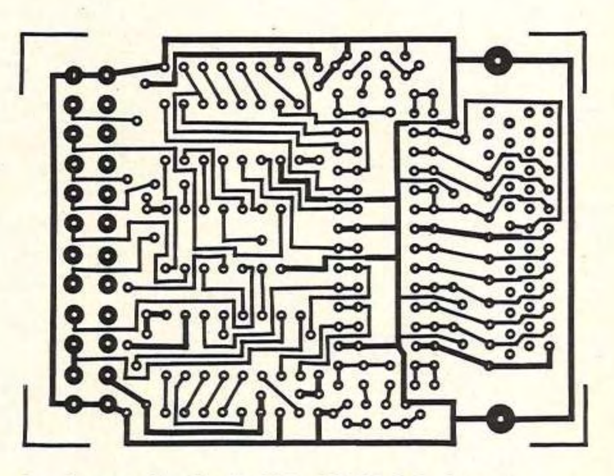




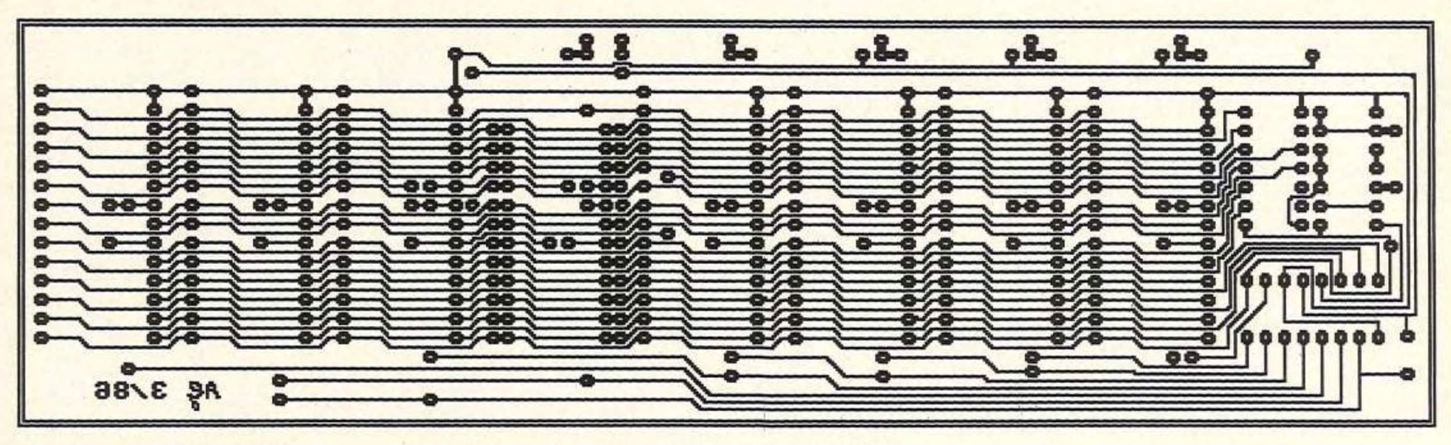
Die beiden Layouts für die Filterplatine von »Lichtorgel 128« auf Seite 138



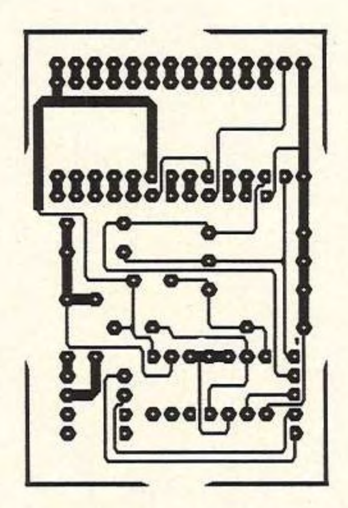
Das Layout für das Multimeter (Speicheroszilloskop) von Seite 85 (spiegelverkehrt)



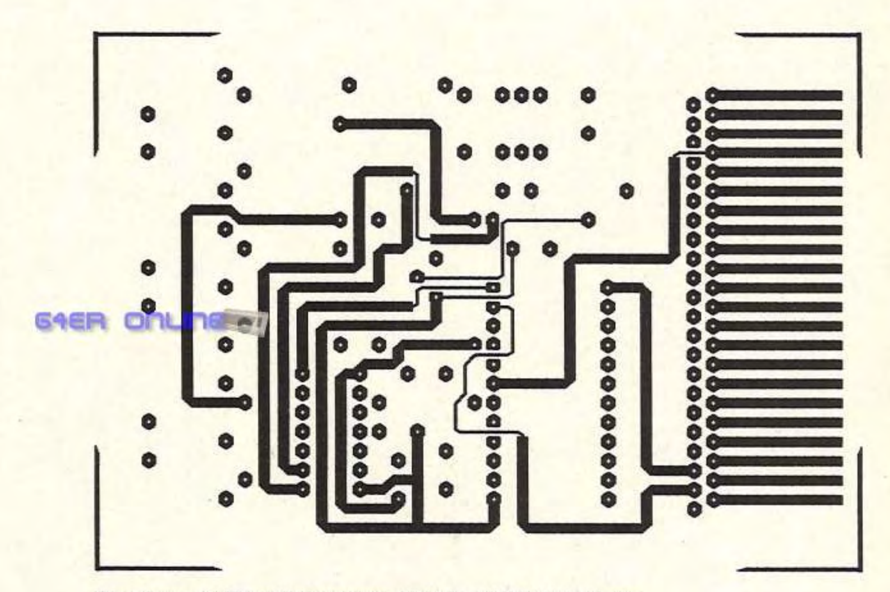
Das Layout für die flexible RS232-Schnittstelle von Seite 106 (spiegelverkehrt)



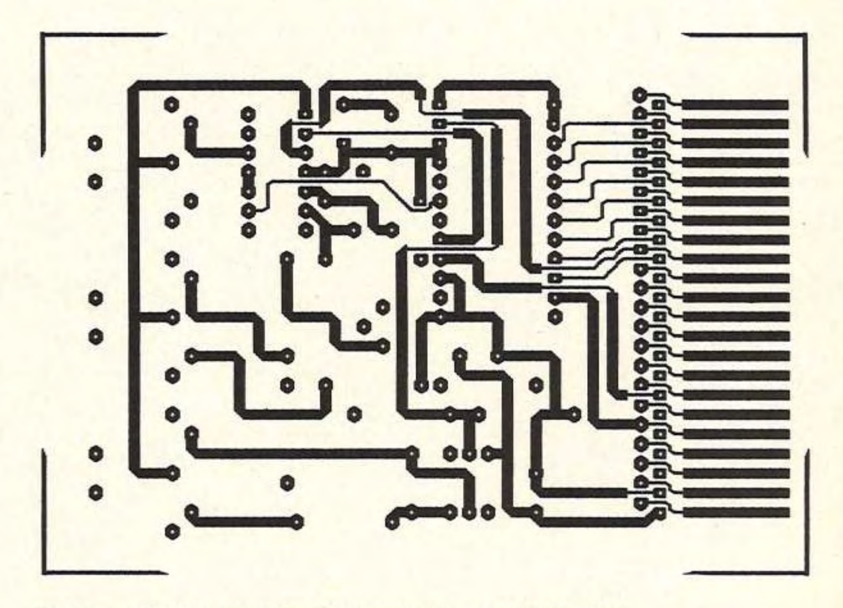
Das Layout für die Betriebssystemumschaltung von Seite 129 (spiegelverkehrt)



Das Layout für das Sicherheitssystem von Seite 134 (spiegelverkehrt)



Das Layout (Bestückungsseite) des MIDI-Interface auf Seite 149



Das Layout (Lötseite) des MIDI-Interface von Seite 149



PROTEXT



Impressum

Herausgeber: Carl-Franz von Quadt, Otmar Weber

Chefredakteur: Michael Scharfenberger

Stellv. Chefredakteur: Albert Absmeier

Leitender Redakteur: Georg Klinge

Redaktion: Herbert Buckel (bj), Achim Hübner (ah), Norbert Jungmann (nj), Gottfried Knechtel (kn), Dieter Mayer (dm), Karsten Schramm (ks)

Titelfoto: Jens Jancke

Titelgestaltung: Heinz Rauner Grafik-Design

Layout:
Leo Eder (Ltg.), Sigrid Kowalewski (Cheflayouterin), Rolf Raß, Katja Milles

Produktionsleiter: Klaus Buck

Anzeigenverkaufsleitung: Ralph-Peter Rauchfuss

Anzeigenverkauf: Helmut Distl (398)

Auslandsrepräsentation:
Schweiz: Markt&Technik Vertriebs AG, Kollerstr. 3, CH-6300 Zug, Tel. 042-41 56 56, Telex: 862 329
USA: M&T Publishing Inc.; 501 Galveston Drive Redwood City, CA 94063 Telefon: (4 15) 366-3600

Manuskripteinsendungen: Manuskripte und Programmlistings werden gerne von der Redaktion angenommen. Sie müssen frei sein von Rechten Dritter. Sollten sie auch an anderer Stelle zur Veröffentlichung oder gewerblichen Nutzung angeboten werden, so muß dies angegeben werden. Mit der Einsendung von Manuskripten und Listings gibt der Verfasser die Zustimmung zum Abdruck in von der Markt&Technik Verlag AG herausgegebenen Publikationen und zur Vervielfältigung der Programmlistings auf Datenträger. Mit der Einsendung von Bauanleitungen gibt der Einsender die Zustimmung zum Abdruck in von Markt&Technik Verlag AG verlegten Publikationen und dazu, daß Markt&Technik Verlag AG Geräte und Bauteile nach der Bauanleitung herstellen läßt und vertreibt oder durch Dritte vertreiben läßt. Honorare nach Vereinbarung. Für unverlangt eingesandte Manuskripte und Listings wird keine Haftung übernommen.

Marketingleiter: Hans Hörl (114)

Vertriebsleiter: Helmut Grünfeldt (189)

Anzeigenverwaltung und Disposition: Lisa Landthaler (233)

Verlagsleiter M&T-Buchverlag: Günther Frank (212)

Druck: SOV St. Otto-Verlag GmbH, Laubanger 23, 8600 Bamberg

Bezugsmöglichkeiten: Leser-Service: Telefon (089) 46 13-249. Bestellungen nimmt der Verlag oder jede Buchhandlung entgegen.

Preis: Das Einzelheft kostet DM 14,–

Vertrieb Handelsauflage: Inland (Groß-, Einzel- und Bahnhofsbuchhandel) sowie Österreich und Schweiz: Pegasus Buch- und Zeitschriften-Vertriebs GmbH, Hauptstätter Straße 96, 7000 Stuttgart 1, Telefon (07 11) 6483-0

Verantwortlich:
Für redaktionellen Teil: Michael Scharfenberger
Für Anzeigen: Britta Fiebig

Redaktionsdirektor: Michael M. Pauly

Vorstand: Carl-Franz von Quadt, Otmar Weber

Anschrift für Verlag, Redaktion, Vertrieb, Anzeigenverwaltung und alle Verantwortlichen:
Markt & Technik Verlag Aktiengesellschaft, Hans-Pinsel-Straße 2, 8013 Haar bei München, Telefon (089) 46 13-0, Telex 5-22 052




64ER ONLINE



MAGIC-FORMEL
64'er ONLINE